



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN
MANUFACTURING Y SU INFLUENCIA EN EL NIVEL DE
SERVICIO DE LA REPARACIÓN DE CILINDROS
HIDRÁULICOS EN LA EMPRESA RECOLSA CAJAMARCA”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Autores:

Bach. Arce Vilca, Romario Jonathan

Bach. Cueva Infante, Amado

Asesor:

MBA Ing. Mylena Karen Vilchez Torres

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a nuestras familias por haber sido el apoyo a lo largo de toda nuestra carrera universitaria y a lo largo de nuestra vida. A todas las personas especiales que nos acompañaron en esta etapa, aportando a nuestra formación tanto profesional y como ser humano.

LOS AUTORES

AGRADECIMIENTO

A nuestras familias, por habernos dado la oportunidad de formarnos en esta prestigiosa universidad y haber sido nuestro apoyo durante todo este tiempo.

De manera especial a nuestra asesora de tesis, por habernos guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de nuestra carrera universitaria y habernos brindado el apoyo para desarrollarnos profesionalmente y seguir cultivando nuestros valores.

A la Universidad Privada del Norte por habernos brindado tantas oportunidades y enriquecernos en conocimiento.

LOS AUTORES

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática.....	12
1.2. Formulación del problema	14
1.3. Objetivos	14
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	16
1.4. Tipo de investigación	16
1.5. Métodos.....	16
1.6. Materiales e instrumentos	23
1.7. Procedimiento.....	24
CAPÍTULO III. RESULTADOS	28
1.8. Nivel de servicio de la empresa respecto a la reparación de cilindros hidráulicos de enero a octubre del 2018.	28
1.9. Diagnóstico de los puntos que no generan valor en el proceso de reparación de cilindros hidráulicos.	32

1.10. Selección y aplicación de la herramienta Lean Manufacturing adecuadas al tipo de problemas identificados.....	40
1.11. Analizar el efecto de la aplicación de herramientas lean en el nivel de servicio.	63
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	68
REFERENCIAS	71
ANEXOS	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de técnicas e instrumentos.	23
Tabla 2. Lista de verificación de técnicas e instrumentos	24
Tabla 3. Matriz de Consistencia	27
Tabla 4. Componentes que repara la empresa Recolsa.	28
Tabla 5. Resumen de cilindros de cucharón.	29
Tabla 6. Resumen de Cilindros de Descarga.	30
Tabla 7. Resumen de cilindros Templadores 2500.....	30
Tabla 8. Resumen de Templadores 5500	31
Tabla 9. Inventario de repuestos.....	36
Tabla 10. Datos de Alineamiento de vástagos.....	43
Tabla 11. Datos de Tiempos de Maquinados de Alojamiento.	44
Tabla 12. Datos de Temperatura de proceso de relleno de componentes.....	45
Tabla 13. Protocolo de Reparación de Componentes de Cilindros hidráulicos.	46
Tabla 14. Causa raíz de inexistencia de procedimiento y seguimiento.	49
Tabla 15. Flujo de trabajo de reparación de cilindros hidráulicos.....	50
Tabla 16. Flujo de trabajo y límites.....	50
Tabla 17. Causa raíz de trabajos.....	56
Tabla 18. Elementos de pruebas hidrostáticas.....	59
Tabla 19. Protocolo de Pruebas Hidrostáticas	60
Tabla 20. Problemas y su impacto en el nivel de servicio.....	63
Tabla 21. Promedio de Nivel de Servicio.....	64
Tabla 22. Inversión para la implementación de las herramientas Lean Manufacturing.....	65
Tabla 23. Flujo de Caja	66

Tabla 24. Cantidad de cilindros y Stock.....	74
Tabla 25. Precio de componentes	75
Tabla 26. Protocolos de reparación y Pruebas de Recolsa	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de símbolos VSM	17
Figura 2. Modelo del Diagrama de Ishikawa (Causa y Efecto).....	18
Figura 3. Diagrama de Pareto	18
Figura 4. Modelo de tarjeta Kanban.	20
Figura 5. Modelo de Enfoque JIT.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 6. Ejemplo de Poka Yoke.....	21
Figura 7. Nivel de cumplimiento de componentes que repara Recolsa.	32
Figura 8. Área de componentes Reparados.	33
Figura 9. Camión de Transporte de componentes.	34
Figura 10. Sellos soplados por exceso de presión durante las pruebas hidrostáticas.	34
Figura 11. Sellos de vástago soplados por exceso de presión durante las pruebas hidrostáticas.....	35
Figura 12. Sellos de vástago soplados por exceso de presión durante las pruebas hidrostáticas.	35
Figura 13. Diagrama VSM actual.....	39
Figura 14. Principales motivos que generan demoras.	42
Figura 15. Cartilla KanBan.....	51
Figura 16. Tablero Kan Ban.	52
Figura 17. Flujo de información de cambio de componente en Mantenimiento Mina.	53

Figura 18. Flujo de información Modificado de cambio de componente en Mantenimiento Mina.....	54
Figura 19. Diagrama de Prueba hidrostática de un cilindro hidráulico.....	57
Figura 20. Conector tipo A.....	58
Figura 21. Conector tipo B.....	58
Figura 22. Conector tipo C.....	59

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Porcentaje de Cumplimiento.....	16
Ecuación 2. Peso Causa.	19
Ecuación 3. Tak Time (Tiempo de Ritmo).....	22
Ecuación 4. Valor Actual Neto (VAN)	22
Ecuación 5. Tasa Interna de Retorno (TIR).....	22
Ecuación 6. WACC (Costo Promedio Ponderado del Capital).	23

RESUMEN

Existe un incremento en el empleo de herramientas Lean en la industria manufacturera, esta investigación tiene como objetivo principal determinar la influencia de la Implementación de herramientas Lean Manufacturing en el nivel de servicio en el área de reparaciones de la Empresa Recolsa Cajamarca, que mediante la revisión documental y entrevista se pudo diagnosticar el nivel de servicio y los puntos que no generaban valor en el proceso de reparación, teniendo a Pareto e Ishikawa como herramientas de selección y diagnóstico de causas, así como la implementación de herramientas lean específicas como Estandarización, KanBan, y Poka Yoke permitieron resolver las causas de los problemas que merman el nivel de servicio en la reparación de cilindros hidráulicos. Obteniéndose como principales resultados la eliminación de desperdicios en tiempos de reparación de componentes, tiempos de tránsito de los cilindros y tiempos en reprocesos defectuosos, reflejándose en el incremento de 28.33% a 59.58 % en el nivel de servicio.

Palabras clave: Nivel de Servicio, Lean Manufacturing, Muda, Meta, Mantenimiento

ABSTRACT

There is an increase in the use of Lean tools in the manufacturing industry. The main objective of this research is to determine the influence of the implementation of Lean Manufacturing tools on the level of service in the repair area of Recolsa Cajamarca, which through a documentary review and interview was able to diagnose the level of service and the points that did not generate value in the repair process, having Pareto and Ishikawa as tools for selection and diagnosis of causes, as well as the implementation of specific lean tools such as Standardization, KanBan, and Poka Yoke made it possible to solve the causes of problems that reduce the level of service in the repair of hydraulic cylinders. Obtaining as main results the elimination of waste in times of repair of components, times of transit of the cylinders and times in defective reprocesses, being reflected in the increase of 28.33% to 59.58% in the level of service.

Keywords: Service Level, Lean Manufacturing, Muda, Goal, Maintenance

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Lean manufacturing es una filosofía de trabajo que consiste en perseguir la mejora y optimización de una línea de producción, enfocándose en identificar y eliminar los desperdicios que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar. (Rajadell & Sánchez, 2010), (Hernández & Vizán, 2013).

Para lograr reducir los desperdicios, el Lean manufacturing se basa en 5 principios que consisten en identificar qué agrega valor para el cliente, elaborar el mapa de procesos, creación del flujo continuo, hacer que el cliente tome lo que requiera y esforzarse por alcanzar la perfección (Vilana, 2010). Utilizando esos principios se consigue identificar los principales desperdicios, los cuales no agregan ningún valor al proceso y siendo el objetivo principal de minimizarlos, independientemente si se trata de la fabricación de un producto o servicio. (Villaseñor & Galindo, 2007).

Las herramientas del Lean Manufacturing pueden establecerse de forma independiente o conjunta tomando en cuenta las características específicas de cada caso. (Hernández & Vizán, 2013). Tales como la herramienta Value Stream Map (VSM, o Mapa de Valor Actual), que consiste en identificar los desperdicios (o muda) y la fuente de los mismos, ayudando a visualizar los flujos de proceso y definir una visión futura, basándose en cuatro pasos: elegir una familia de productos, dibujar su mapa de valor actual (Value Stream Map), dibujar el mapa de la situación futura (Future Stream Map, FSM) y elaborar un plan de trabajo para pasar del VSM al FSM. (Gomez, 2010); Justo a Tiempo, la cuál es un conjunto de principios y técnicas que permiten a las empresas producir y entregar los productos en pequeñas cantidades, con tiempos de entrega cortos para satisfacer las necesidades del cliente. (Villaseñor & Galindo, 2007); Jidoka

(Sistema de Control Autónomo de Defectos) y Kaizen, el primero basado en que un empleado puede detener la máquina si algo va mal, otorgándole la responsabilidad para ello; el segundo enfocado en el cambio de actitud de las personas hacia una mejora, utilizando sus capacidades (Rajadell & Sánchez, 2010), (Hernández & Vizán, 2013); las 5'S, técnica que permite mejorar las condiciones del lugar de trabajo basándose en orden y limpieza siendo sus herramientas Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke, que significan eliminar, ordenar, limpiar, estandarizar y crear hábito, respectivamente. (Hernández & Vizán, 2013), su aplicación consigue evitar máquinas sucias, herramientas sueltas, pasillos ocupados, falta de señales y elementos de seguridad. (Rajadell & Sánchez, 2010). Cambio rápido de herramientas – SMED por sus siglas en inglés (Single-Minute Exchange of Dies) la cual busca disminuir los tiempos de preparación de la máquina, mediante un detallado estudio del proceso y cambios radicales a la máquina o al mismo producto; con métodos de cambio simples y rápidos se eliminan los posibles errores en ajustes de procedimientos. (Hernández & Vizán, 2013); Mantenimiento Productivo Total (TPM por sus siglas en inglés), permite reducir las averías, incrementar la vida útil de las máquinas y disminuir los tiempos de parada; incrementando la productividad, (Suzuki, 1995; O'Brien, 2015). Kanban, es una herramienta de control y programación basada en tarjetas, las cuales sirven como medio de comunicación entre las distintas áreas de trabajo ya que en éstas se incluye información de procedencia, cantidad a elaborar, dónde se producirán y dónde se almacenarán, disminuyendo el stock no deseado.

Estas herramientas incluyen en sus procedimientos elaboración de diagramas de flujo, siendo útiles para registrar los costos ocultos no productivos como, por ejemplo, las distancias recorridas, los retrasos y los almacenamientos temporales. (Niebel &

Freivalds, 2009). También el sistema de control y programación sincronizado de la producción basado en tarjetas, asegura una alta calidad y cantidad justa en el momento adecuado. (Hernández & Vizán, 2013).

La empresa Recolsa Cajamarca presenta deficiencias en los tiempos de reparación y entrega de cilindros hidráulicos para las Palas Hidráulicas de minera Yanacocha, ocasionando que la unidad minera no cumpla con su stock de seguridad y afectando a tal grado que en el presente 2019, en dos ocasiones los equipos se encuentren parados a espera de repuestos con un costo por hora no producida de US\$ 5600 para el cliente. Por tal motivo en el estudio se propone aplicar la metodología Lean Manufacturing con la finalidad de incrementar considerablemente el nivel de servicio para incrementar la disponibilidad de los equipos de nuestro cliente principal. Aplicando los cinco principios mencionados por Vilana, 2010.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo la implementación de herramientas Lean Manufacturing influye en el nivel de servicio en el área de reparaciones de la empresa Recolsa – 2019?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la Implementación de herramientas Lean Manufacturing en el nivel de servicio en el área de reparaciones de la Empresa Recolsa Cajamarca.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el nivel de servicio de la empresa respecto a la reparación de cilindros hidráulicos de enero a octubre del 2018.
- Diagnosticar los puntos que no generan valor en el proceso de reparación de cilindros hidráulicos mediante VSM.
- Seleccionar y aplicar las herramientas Lean Manufacturing adecuadas al tipo de problemas identificados.
- Analizar el efecto económico y técnico de la aplicación de herramientas lean en el nivel de servicio.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Según su propósito: Es aplicada, porque se utilizó información existente relacionada al Lean Manufacturing.

Según su profundidad: La investigación es explicativa, porque se detalla las características que presentan las variables.

Según la naturaleza de datos: La investigación es cuantitativa, porque se recolectaron datos mediante procedimientos de medición con ayuda de instrumentos.

Según su manipulación de la variable: La investigación es no experimental, porque no se manipularon las variables del estudio.

2.2. Métodos

Para determinar el nivel de servicio.

El nivel de servicio está dado por el porcentaje de cumplimiento, entonces para poder determinar el nivel de servicio de los últimos meses se dividió el stock al cierre de mes entre el stock requerido multiplicado por 100, ecuación 1 (Andrés Castillo S. 2016).

$$\% \text{ Cumplimiento} = \frac{\text{stock}}{\text{stock requerido}} * 100\%$$

Ecuación 1. Porcentaje de Cumplimiento.

Donde:

% Cumplimiento = Nivel de servicio

Stock = Stock al cierre del mes

Stock requerido = Stock al cierre del mes requerido por el cliente

Para el diagnóstico de los puntos que no generan valor.

Se utilizó el diagrama VSM para identificar los puntos a lo largo del proceso donde no se genera valor, para lo cual se empleó como medio de identificación los 8 desperdicios de lean (Rajadell & Sánchez, 2010):

- a. Sobreproducción
- b. Tiempo de espera
- c. Transporte
- d. Sobre procesamiento
- e. Inventarios innecesarios
- f. Defectos
- g. Movimientos innecesarios
- h. Talento humano

Luego se procedió al diseño del mapa usando la simbología que se muestra en la Figura

1.

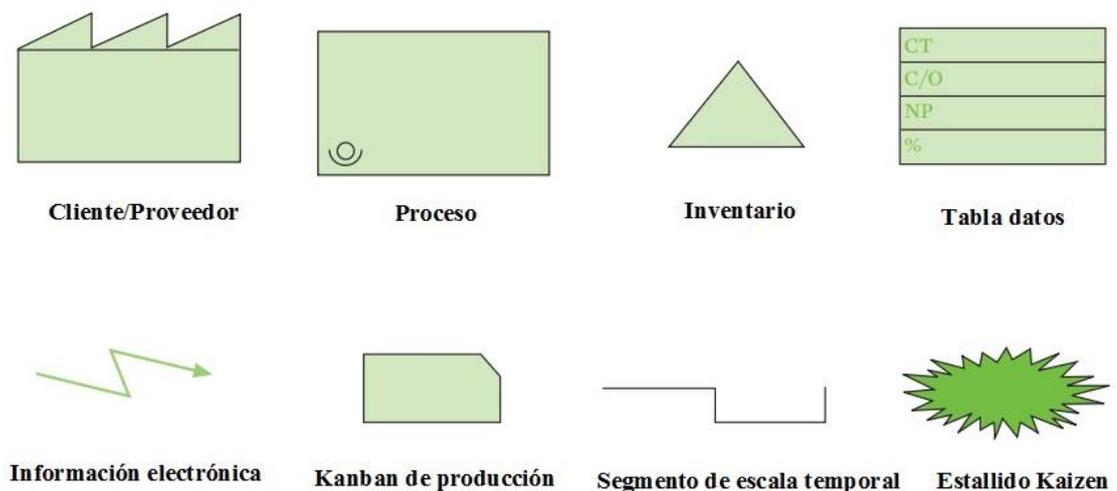


Figura 1. Ejemplo de símbolos VSM

En base a los problemas detectados se utilizó las siguientes herramientas Lean, según cada problema:

Demora en los tiempos de entrega de cilindros armados

Se utilizó el diagrama de Ishikawa (Figura 2), el cual permite hacer un análisis de las causas relacionadas directamente con un resultado o efecto (Niebel, B. y Freivalds, A., 2009)

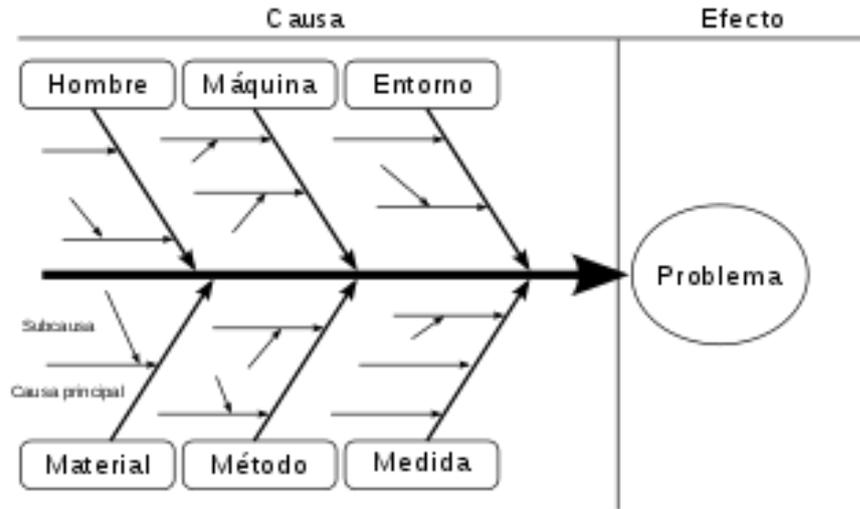


Figura 2. Modelo del Diagrama de Ishikawa (Causa y Efecto).

Junto con el diagrama de Ishikawa, se empleó el de Pareto (ver Figura 3) para poder priorizar las actividades más relevantes que original los problemas dentro del área de reparaciones (Carro y González, 2008).

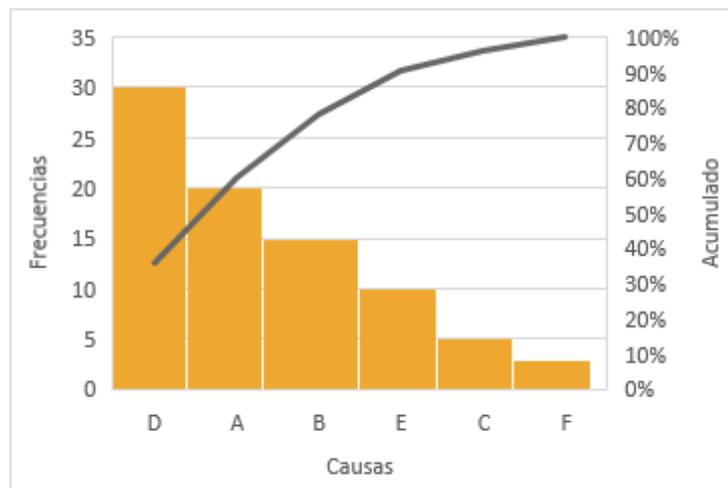


Figura 3. Diagrama de Pareto

Demora en los tiempos de retorno de los cilindros para su reparación

- Se utilizó también el diagrama de Ishikawa (Figura 2), el cual permite hacer un análisis de las causas relacionadas directamente con un resultado o efecto (Niebel, B. y Freivalds, A., 2009).

Para poder determinar la causa raíz del problema se utilizó la técnica de Prioridades el cual nos permite encontrar las principales causas del problema a partir de la definición de criterios de selección, selección de causas y la estimación y comparación de causas, en donde los criterios a utilizar fueron.

Si es un factor que lleva al problema (Factor)

Si ocasiona directamente el problema (Causa Directa)

Si corregiría el problema (Solución Directa)

Si puede plantear una solución Factible (Factible)

Se puede medir si la solución funciona (Medible)

Si la solución es de bajo costo (Costo).

En donde a cada uno de estos criterios se le asignó un valor del 1 al 3 colocándose mayor valor mientras más se ajuste al criterio, para poder determinar el valor de cada causa se sumaron los valores de cada criterio (Sánchez, 2014)

$$Peso_{Causa} = \sum Peso \text{ Prioridad}$$

Ecuación 2. Peso Causa.

Donde:

Peso Causa = Es el peso total de la causa

Peso Prioridad = Es el peso que tiene cada prioridad

Luego se utilizó la metodología Kanban, agregando tarjetas de control (ver Figura 4) para llevar un seguimiento de cuando se deben llevar los cilindros a reparar.

Tarjeta KANBAN	
Número de Parte	
Marca	
Aplicación	
Cantidad a pedir	
Proveedor	
Proy	
Tel	
Fax	
Cont	
Costo	

Figura 4. Modelo de tarjeta Kanban.

Esta tarjeta sirve de dispositivo para controlar el nivel de inventario en la producción, ya que debido a la información que contiene escrita es que se maneja la cantidad a producir, los materiales necesarios para dicha producción y el almacén de donde provienen las piezas producidas. Con esto se evita la sobreproducción y se mantiene el inventario de acuerdo al sistema Pull. (Soto, B. y Vega, R., 2012).

Retrabajos por pruebas hidrostáticas deficientes

A fin de evitar un inadecuado uso de herramientas o instrumentos para realizar las pruebas es que se utilizó la herramienta Lean Poka Yoke, (ver Figura n.º 6) la cual consiste en realizar una autoinspección o a prueba de errores, que viene a ser la utilización de mecanismos o dispositivos con la finalidad de que cuando estén

instalados eviten los defectos al 100% a pesar que haya error humano. Es decir, “los errores no deben producir defectos y mucho menos aún progresar”. Se caracterizan por su simplicidad (pequeños dispositivos de acción inmediata, muchas veces sencillos y económicos), su eficacia (actúan por sí mismos, en cada acción repetitiva del proceso, con independencia del operario) y tienen tres funciones contra los defectos: pararlos, controlarlos y avisar de ellos. Hernández, J. y Vizán, A. (2013).

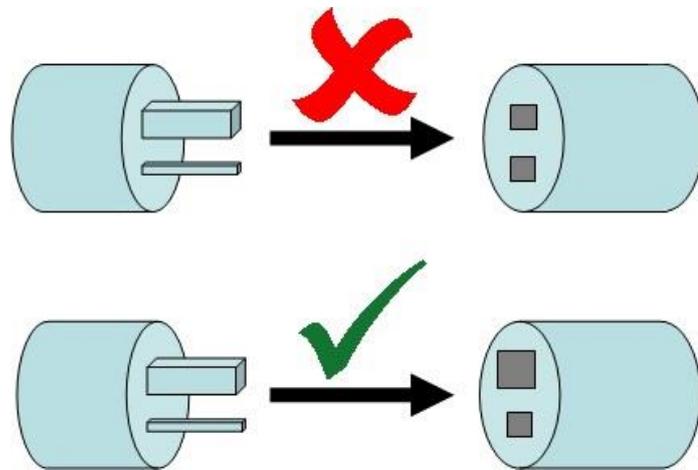


Figura 5. Ejemplo de Poka Yoke

La Figura n.º 6, muestra la forma adecuada de fabricación de unos componentes, lo cual por su diseño evita que se conecte de una manera distinta a la correcta. Eliminando cualquier falla humana por una conexión incorrecta.

Para analizar el efecto de la aplicación de herramientas lean en el nivel de servicio.

Se utilizó la revisión de documentos para establecer el nivel de servicio luego de aplicar las herramientas Lean. Además, se calculó el Tak time (tiempo de ritmo) para determinar el ajuste del tiempo de ritmo respecto al tiempo de ciclo (ecuación 3).

$$Tak\ time\ (Tiempo\ de\ ritmo) = \frac{tiempo\ disponible\ por\ día\ en\ seg.}{Demanda\ por\ día\ en\ unidades}$$

Ecuación 3. Tak Time (Tiempo de Ritmo).

Para analizar el efecto económico de la aplicación de las herramientas lean en el nivel de servicio

Se hizo mediante los indicadores VAN (ecuación 4) y TIR (ecuación 5) que son parámetros muy usados a la hora de calcular la viabilidad económica de un proyecto, ambos para saber la estimación de los flujos de caja. (Fernández, 2012) Primero se presupuestó las mejoras, luego se proyectó el ahorro en costos que generaría las mejoras considerando el monto como incremento del ingreso siempre y cuando las demás variables que afectan el costo se mantengan constantes. Finalmente, para la tasa se usó el CPPC

$$VAN = -I_0 + \sum B_i - C_i(1 + k)^i$$

Ecuación 4. Valor Actual Neto (VAN)

Donde:

I_0 : Inversiones inicial.

B_i : Ingresos.

C_i : Costos y gastos proyectados.

n : Periodo del proyecto.

K : Tasa de descuento.

$$TIR = \sum Q_n(1 + i)^{ni} = 0 = 0$$

Ecuación 5. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Donde:

n : Periodo del proyecto.

i: Inversión inicial.

Qn: Flujo de caja en un periodo n.

Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC).

$$WACC = R * FPPF + DF * (1 - tc) + Kd * DFDF + FP$$

Ecuación 6. WACC (Costo Promedio Ponderado del Capital).

Donde:

Kd: Costo de la deuda

D: Deuda

C: Capital

tc: Tasa de impuesto corporativa

Kc: Costo del capital

2.3. Técnicas e instrumentos

2.3.1. Instrumentos

En la tabla 1 se muestran las técnicas e instrumentos para calcular los indicadores.

Tabla 1

Matriz de técnicas e instrumentos.

Objetivo específico	Indicador	Técnica	Instrumento	Fuente bibliográfica
Determinar el nivel de servicio de la empresa respecto a la reparación de cilindros hidráulicos de enero a octubre del 2018	Nivel de Servicio	Revisión documental	Ficha documental	Cunha, Isabel (1999)

Diagnosticar los puntos que no generan valor en el proceso de reparación de cilindros hidráulicos	8 mudas	Observación de Campo Revisión documental	VSM	(Manuel & Jose, 2010)
---	---------	---	-----	-----------------------

En la tabla 2 se despejo algunas preguntas generales en forma afirmativa de la obtención de la información.

Tabla 2.

Lista de verificación de técnicas e instrumentos

Preguntas generales	Si/No	Acciones por tomar
¿Se cuenta con la autorización del gerente, para la revisión documentaria y realización de la entrevista?	Si	
¿Se cuenta con el personal calificado para evaluar los instrumentos de recojo de información?	Si	
¿El instrumento reúne las características necesarias de confiabilidad?	Si	Validación por expertos

2.4. Procedimiento

Provistos con los materiales antes mencionados para la obtención de la información necesaria para el desarrollo del proyecto y previa autorización por el Gerente de la empresa Recolsa Cajamarca se procedió con los siguientes momentos.

Diseño del Instrumento

La recopilación de la información se obtuvo a través de una ficha documental, la cual constó de dos partes:

- La primera parte, consta de los datos del componente y se divide en tres secciones. La sección 1 con Datos del componente, la sección 2 de repuestos y la sección 3 con datos históricos.
- La segunda parte consta de 2 ítems; El primer ítem con el nivel de servicio y el segundo ítem con los Datos históricos. Ver Anexo 2.

Aplicación de información

Se solicitó la información registrada al encargado del área de reparaciones y al planificador del área de mantenimiento Mina para realizar las tablas correspondientes y posteriores gráficos para obtener una rápida identificación de las principales situaciones o problemas. Como los datos mostrados en la Tabla 1 la cual sirve para identificar en primer lugar los componentes que repara la empresa Recolsa y el tiempo en horas de cuando se deben cambiar para continuar con su trabajo.

Tratamiento de datos

Utilizando la información recolectada se elaboraron los gráficos de procesos, identificando cada uno de ellos según su naturaleza (operación, traslado, demora, inspección), Se obtuvo el porcentaje de cumplimiento utilizando la ecuación 1 en la información recolectada; asimismo se obtuvo el tiempo de ritmo de los procesos involucrados en la reparación de cilindros empleando la ecuación 2.

El diagrama VSM del estado actual se elaboró con información recopilada de los documentos entregados por el área de reparaciones y por el planificador del área de mantenimiento Mina; para el diagrama del estado futuro se elaboró usando como

referencia las secuencias mencionadas por (Hernández & Vizán, 2013), primero dibujando los símbolos correspondientes a las áreas involucradas, luego identificando los requisitos mensuales para posteriormente calcular la producción y requerimiento de contenedores y agregando cajas de procesos en secuencia, así como cajas de datos debajo de cada proceso con su respectiva línea de tiempo, luego de eso se agregó las flechas de comunicación, incluyendo los métodos y frecuencias, para al final agregar los sitios de inventario con sus niveles y cálculo de tiempo de ciclo y tiempo total de procesamiento.

También se elaboraron los diagramas de Ishikawa y de Pareto a fin de identificar las principales causas que generan los problemas encontrados y en base a una ponderación seleccionar la herramienta Lean que más se ajusta a cada uno.

Además, para un correcto desempeño al momento de realizar las pruebas hidrostáticas de los cilindros, se elaboró un protocolo de pruebas (Ver Tabla n.º 19), en el cual se indican los procedimientos a seguir para una correcta conexión de los diferentes conectores y su presión correspondiente.

2.5 MATRIZ DE CONSISTENCIA

En la tabla 3 se muestra la matriz de consistencia.

Tabla 3.

Matriz de Consistencia

Titulo	Formulación del problema	Objetivo 1. General	Variable	Indicadores	Diseño de la Investigación
Aplicación de la metodología lean manufacturing y su influencia en el nivel de servicio de la reparación de cilindros hidráulicos en la empresa Recolsa Cajamarca	¿Cómo la implementación de herramientas Lean Manufacturing influye en el nivel de servicio en el área de reparaciones de la empresa Recolsa – 2019?	<p>Determinar la influencia de la implementación de herramientas Lean Manufacturing en el nivel de servicio en el área de reparaciones de la Empresa Recolsa Cajamarca</p> <p>Objetivos específico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar el nivel de servicio de la empresa respecto a la reparación de cilindros hidráulicos de enero a octubre del 2018. • Diagnosticar los puntos que no generan valor en el proceso de reparación de cilindros hidráulicos mediante VSM. • Seleccionar y aplicar las herramientas Lean Manufacturing adecuadas al tipo de problemas identificados. • Analizar el efecto de la aplicación de herramienta lean en el nivel de servicio. 	Nivel de Servicio	<p>% de cumplimiento de componentes entregados a fin de mes</p> <p>8 mudas</p>	<p>Es aplicada, porque se utilizó información existente relacionada al Lean Manufacturing. La investigación es descriptiva, porque se detalla las características que presentan las variables. La investigación es cuantitativa, porque se recolectaron datos mediante procedimientos de medición con ayuda de instrumentos</p>

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Nivel de servicio de la empresa respecto a la reparación de cilindros hidráulicos de enero a octubre del 2018.

En la tabla 4 se muestra los componentes que repara la empresa Recolsa Cajamarca para la flota de Palas hidráulicas de su cliente Principal, en donde 2500 y 5500 refiere a los modelos de palas que tiene la empresa.

Al referirse a Instalados indica que se encuentran operativos en las máquinas, los no instalados pueden estar en almacén, en reparación o en el área de palas como inoperativos, el PCR indica a las horas que se debe de cambiar el componente por confiabilidad, así mismo la Meta es el porcentaje mínimo o cantidad mínima de componentes reparados que exige el cliente a cierre de cada fin de mes.

Tabla 4.

Componentes que repara la empresa Recolsa.

Componente	Instalados	No instalados	Total	PCR (horas)
Cilindro de cucharón 2500	10	6	16	20000
Cilindro de descarga 5500	6	5	11	6000
Cilindro templadores 2500	10	5	15	13000
Cilindro templadores 5500	6	5	11	12000

El cliente tiene un objetivo (meta) de 66.7% como mínimo aceptable, es decir en el caso de cilindros de cucharón que a cierre de cada mes debe de tener mínimo 2 cilindros de cucharón reparados.

En la tabla 5 se muestra el resumen de los 10 últimos meses del porcentaje de cumplimiento que tuvo la empresa con respecto a la reparación de cilindros de cucharón.

La columna de cilindros no instalados en circulación indica la cantidad de cilindros que se pueden reparar, el stock indica el número de componentes que se tiene en el cierre de mes, la empresa solicita 3 cilindros como Stock requerido y un mínimo de 2 que equivale a la meta.

Tabla 5.

Resumen de cilindros de cucharón.

Mes	Cilindros no instalados en circulación	Stock	Stock requerido	Meta	% de Meta	% de cumplimiento
Enero	5	1	3	2	66.67%	33.33%
Febrero	6	2	3	2	66.67%	66.67%
Marzo	6	0	3	2	66.67%	0.00%
Abril	6	0	3	2	66.67%	0.00%
Mayo	6	0	3	2	66.67%	0.00%
Junio	6	0	3	2	66.67%	0.00%
Julio	5	-1	3	2	66.67%	-33.33%
Agosto	6	-1	3	2	66.67%	-33.33%
Setiembre	6	2	3	2	66.67%	66.67%
Octubre	6	1	3	2	66.67%	33.33%

De la tabla 5 se observa que solo en los meses de febrero y septiembre se cumplió con la meta, en los demás meses no se cumplió teniendo como peores escenarios a los meses de Julio y agosto en donde se tuvo una meta negativa, en estos meses dos palas estuvieron paradas por falta de cilindro de cucharón es decir se observa el stock el valor de -1 el cual indica que se requería un cilindro sin contar con este al cierre de fin de mes.

En el caso de los cilindros de descarga desde el mes de enero hasta el mes de agosto ninguno ha conseguido un cumplir al 100% con lo requerido, de acuerdo a la información que se muestra en la tabla 6.

Tabla 6.

Resumen de Cilindros de Descarga.

Mes	Cilindros disponibles para reparar	Stock	Stock requerido	Meta	% de Meta	% de cumplimiento
Enero	5	1	3	2	66.67%	33.33%
Febrero	5	1	3	2	66.67%	33.33%
Marzo	5	1	3	2	66.67%	33.33%
Abril	5	0	3	2	66.67%	0.00%
Mayo	5	2	3	2	66.67%	66.67%
Junio	5	0	3	2	66.67%	0.00%
Julio	5	1	3	2	66.67%	33.33%
Agosto	5	0	3	2	66.67%	0.00%
Setiembre	5	2	3	2	66.67%	66.67%
Octubre	5	1	3	2	66.67%	33.33%

De la tabla 6 se observa que solo en los meses de mayo y septiembre se cumplió con la meta, en los meses de abril, junio y agosto no se tuvo ningún cilindro de descarga en stock a cierre de fin de mes.

Tabla 7.

Resumen de cilindros Templadores 2500.

Mes	Cilindros disponibles para reparar	Stock	Stock requerido	Meta	% de meta	% de cumplimiento
Enero	5	1	3	2	66.67%	33.33%
Febrero	5	2	3	2	66.67%	66.67%
Marzo	5	0	3	2	66.67%	0.00%
Abril	5	1	3	2	66.67%	33.33%
Mayo	5	0	3	2	66.67%	0.00%
Junio	5	0	3	2	66.67%	0.00%
Julio	5	1	3	2	66.67%	33.33%
Agosto	5	1	3	2	66.67%	33.33%

Setiembre	5	2	3	2	66.67%	66.67%
Octubre	5	1	3	2	66.67%	33.33%

En cuanto a los cilindros templadores 2500 durante los meses de marzo, mayo y junio no se tuvo cilindros en stock a cierre de fin de mes, solo en los meses de febrero y septiembre se cumplieron con el target.

Tabla 8.

Resumen de Templadores 5500

Mes	Cilindros disponibles para reparar	Stock	Stock requerido	Meta	% de Meta	% de cumplimiento
Enero	5	1	3	2	66.67%	33.33%
Febrero	6	0	3	2	66.67%	0.00%
Marzo	6	0	3	2	66.67%	0.00%
Abril	6	1	3	2	66.67%	33.33%
Mayo	6	1	3	2	66.67%	33.33%
Junio	6	1	3	2	66.67%	33.33%
Julio	5	1	3	2	66.67%	33.33%
Agosto	6	2	3	2	66.67%	66.67%
Setiembre	6	2	3	2	66.67%	66.67%
Octubre	6	2	3	2	66.67%	66.67%

En cuanto a los cilindros templadores 5500 durante los meses de febrero y marzo no se tuvo cilindros en stock a cierre de fin de mes, en los últimos meses agosto setiembre y octubre se cumplieron con Meta.

Mediante una comparación de los 4 componentes que se reparan en la empresa se obtuvo la siguiente figura:

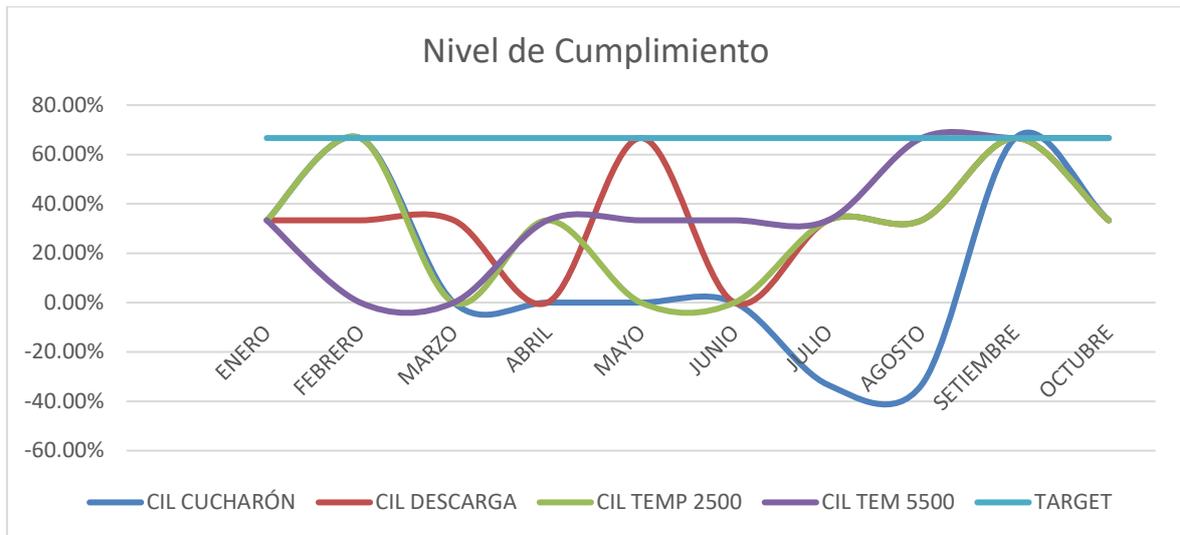


Figura 6. Nivel de cumplimiento de componentes que repara Recolsa.

En la figura 7 se muestra el comparativo de porcentaje de cumplimiento de los 4 componentes siendo el cilindro del cucharón el que muestra el más bajo nivel de servicio.

3.2. Diagnóstico de los puntos que no generan valor en el proceso de reparación de cilindros hidráulicos.

Para poder identificar los puntos que no generan valor al proceso se emplean los desperdicios de lean, además de contar con la información brindada por el jefe de taller.

- Sobreproducción, La empresa no genera ninguna sobreproducción, durante los últimos meses el área de componentes armados ha estado vacía.



Figura 7. Área de componentes Reparados.

- Tiempo de espera, demora en los tiempos de retorno de los cilindros para su reparación, debido a que los cilindros son reparados estos tienen que ser retornados después de haber trabajado en las instalaciones del cliente, pero estos tiempos exceden las 2 semanas, la comunicación con el área de mantenimiento del cliente principal es deficiente ya que no se tiene la información a tiempo cuando un cilindro es cambiado, quedando listo para su traslado y reparación posterior, generalmente la empresa se dirige hacia el cliente cuando se recibe un correo en donde indican que ya no tienen Stock y hay cilindros inoperativos para reparar.

Demora en llegar algunos repuestos, la demora en la llegada de algunos pedidos de repuestos hace que retrase la reparación de los cilindros.

- Transporte, la empresa no presenta problemas de transporte ya que para la movilización de los componentes se utiliza un camión de 6 Toneladas al cual se cumple con su mantenimiento de forma programada.



Figura 8. Camión de Transporte de componentes.

- Sobre procesamiento, durante el año 2018 se han hecho varios re trabajos por haber realizado pruebas hidrostáticas deficientes, esta tarea es de control de calidad, pero por un error de mala selección de herramientas y/o instrumentos se malogran los sellos internos del cilindro, teniéndose que desarmar para volverlos a cambiar.



Figura 9. Sellos soplados por exceso de presión durante las pruebas hidrostáticas.



Figura 10. Sellos de vástago soplados por exceso de presión durante las pruebas hidrostáticas.



Figura 11. Sellos de vástago soplados por exceso de presión durante las pruebas hidrostáticas.

En las figuras 10, 11 y 12 se muestran vástagos con los sellos soplados por haber sido sometidos a elevadas presiones hidráulicas durante las pruebas.

- Inventarios innecesarios, no existe excesos de inventarios, siempre se cuenta con los repuestos mínimos necesarios.

Tabla 9.

Inventario de repuestos

Ítem	No. Parte	Descripción de parte	Stock Requerido	Stock Actual
1	257521	BRG.; SPH. ROL.	2	1
2	4392649	BUSHING; PIN	2	1
3	400406	RING; WIPER	4	4
4	4392642	BUSHING	3	1
5	161002	RING; RETAINING	3	2
6	336605	RING; SEAL	3	2
7	257507	PACKING; U-RING	3	2
8	257527	RING; BACK-UP	2	2
9	706903	RING; SLIDE	2	1
10	257509	RING; WIPER	3	2
11	717904	O-RING	6	7
12	717905	RING; BACK-UP	2	1
13	4394169	BRG.; CUSHION	2	2
14	400210	RING; SEAL ASS'Y	3	1
15	317224	O-RING	6	7
16	4123444	O-RING	6	7
17	336419	O-RING	6	7
18	J75481	FITTING; GREASE	3	3
19	4339173	RING; WEAR	4	4
20	4339174	PACKING; U-RING	6	4
21	4339175	RING; BACK-UP	3	2
22	4338567	PLATE	2	1
23	4097443	RING; RETAINING	4	3

Ítem	No. Parte	Descripción de parte	Stock Requerido	Stock Actual
24	4007535	O-RING	4	5
25	J932280	BOLT	10	10
26	4089822	WASHER	10	10
27	726001	BUSHING; PIN	2	1
28	726002	RING; WIPER	2	1
29	726001	BUSHING; PIN	2	1
30	726002	RING; WIPER	3	1
31	400204	BUSHING	2	1
32	726004	RING; RETAINING	4	3
33	400205	RING	2	1
34	4105385	PACKING; U- RING	2	1
35	242305	RING; BACK- UP	2	1
36	400408	RING	2	1
37	726005	RING; WIPER	3	1
38	4123441	O-RING	3	4
39	317710	RING; BACK- UP	2	1
40	726006	BRG.; CUSHION	2	1
41	4203613	RING; SEAL	2	1
42	706410	RING; SLIDE	2	1
43	4199801	RING; SLIDE	2	1
44	94-2011	PLUG	1	1
45	4175264	RING; WEAR	4	2
46	4175266	PACKING; U- RING	4	3
47	4175285	RING; BACK- UP	4	2
48	4175268	PLATE	2	1
49	4174566	RING; RETAINING	2	1
50	4113165	O-RING	4	5
51	J833002	BOLT	20	20
52	4114408	WASHER	20	20
53	4447330	ROD	2	1
54	988850	RING; RETAINING	2	1

En la tabla 9 se muestra que no existe altos niveles de stock, por el contrario, en algunos componentes se tiene menos de lo requerido.

- Defectos, prolongación en los tiempos de entrega de cilindros armados, no se cumplen con los tiempos de entrega generalmente porque se tuvieron que volver a rectificar o maquinar algunas piezas del cilindro.
- Movimientos innecesarios, El cilindro no recorre grandes distancias para su reparación, ya que el taller tiene un área de 390 m² y las locaciones de reparación están cerca.
- Talento humano, existe capacitación a los trabajadores con más de dos años de antigüedad.

Después de haber identificado los puntos que no generan valor a la empresa se realiza el VSM actual ubicando las explosiones kaisen identificadas.

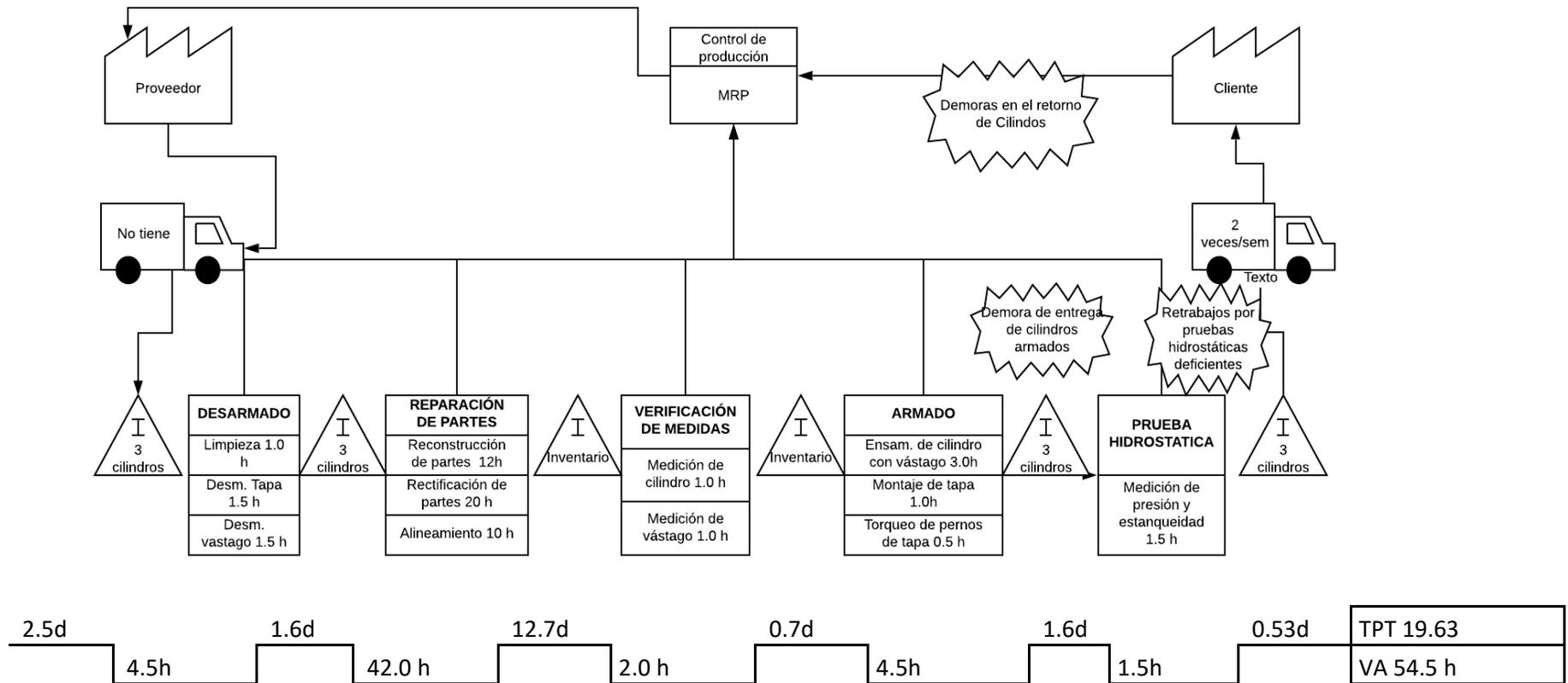


Figura 12. Diagrama VSM actual.

3.3. Selección y aplicación de la herramienta Lean Manufacturing adecuadas al tipo de problemas identificados.

De las 8 mudas analizadas los problemas que afectan directamente el nivel de servicio son:

Defectos, demora en los tiempos de entrega de cilindros armados, durante el periodo de evaluación se realizaron 6 reprocesamientos por componentes mal reparados.

Tiempo de espera, demora en los tiempos de retorno de los cilindros para su reparación, durante el periodo de evaluación se observa que existía una acumulación de 9 cilindros inoperativos en promedio en los almacenes de talleres Mina.

Sobre procesamiento, Re trabajos por pruebas hidrostáticas deficientes, durante el periodo de evaluación se realizaron 10 cambios de sellos de embolo del cilindro a causa de errores en las pruebas de calidad.

Debido a las demoras y a los retrabajos identificados en el diagrama de VSM, se elaboró un diagrama de Ishikawa para cada uno de ellos, el cual nos permitió identificar sus principales causas y así plantear una metodología adecuada de Lean y mejorar el nivel de servicio

Demora en los tiempos de entrega de cilindros armados

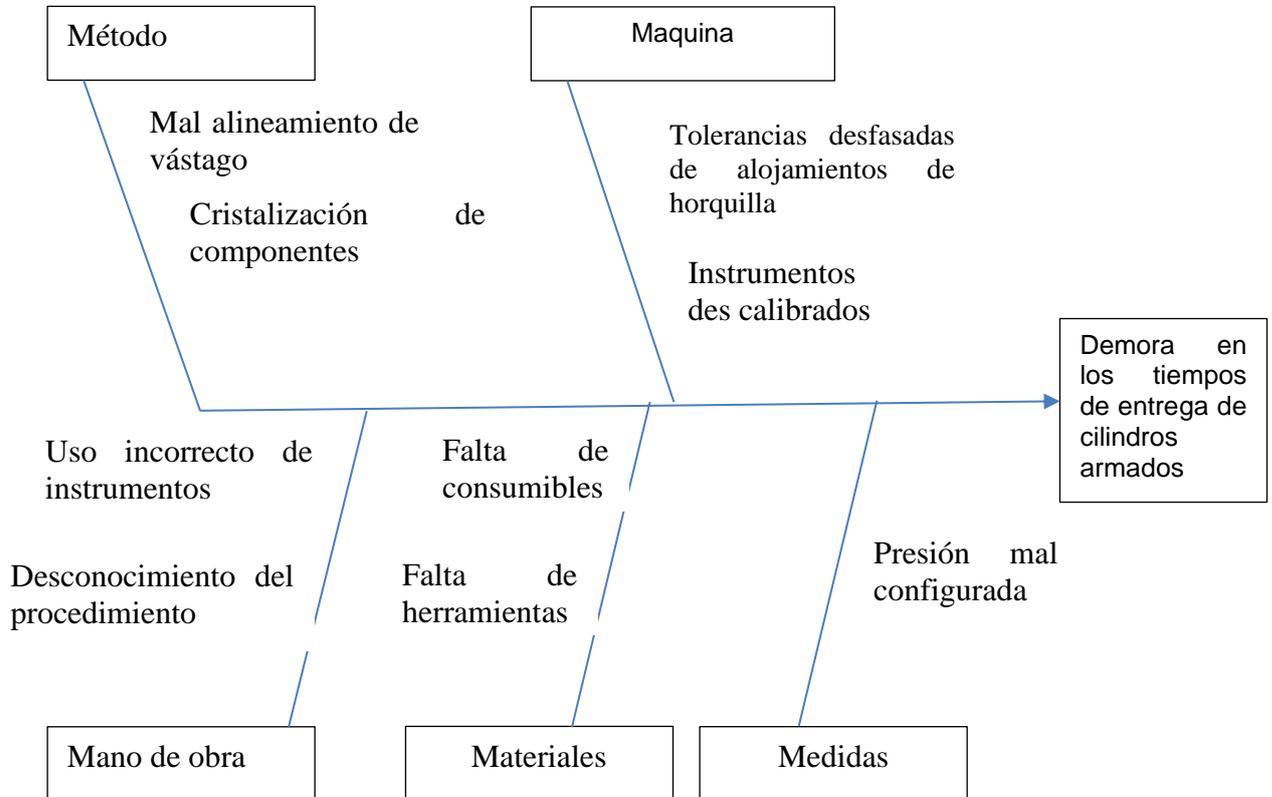


Figura 13 Diagrama de Ishikawa de demora de entrega de los cilindros Armados

Para poder identificar que causa extendía la entrega de cilindros armados se recolecto datos de recurrencia durante el periodo evaluado.

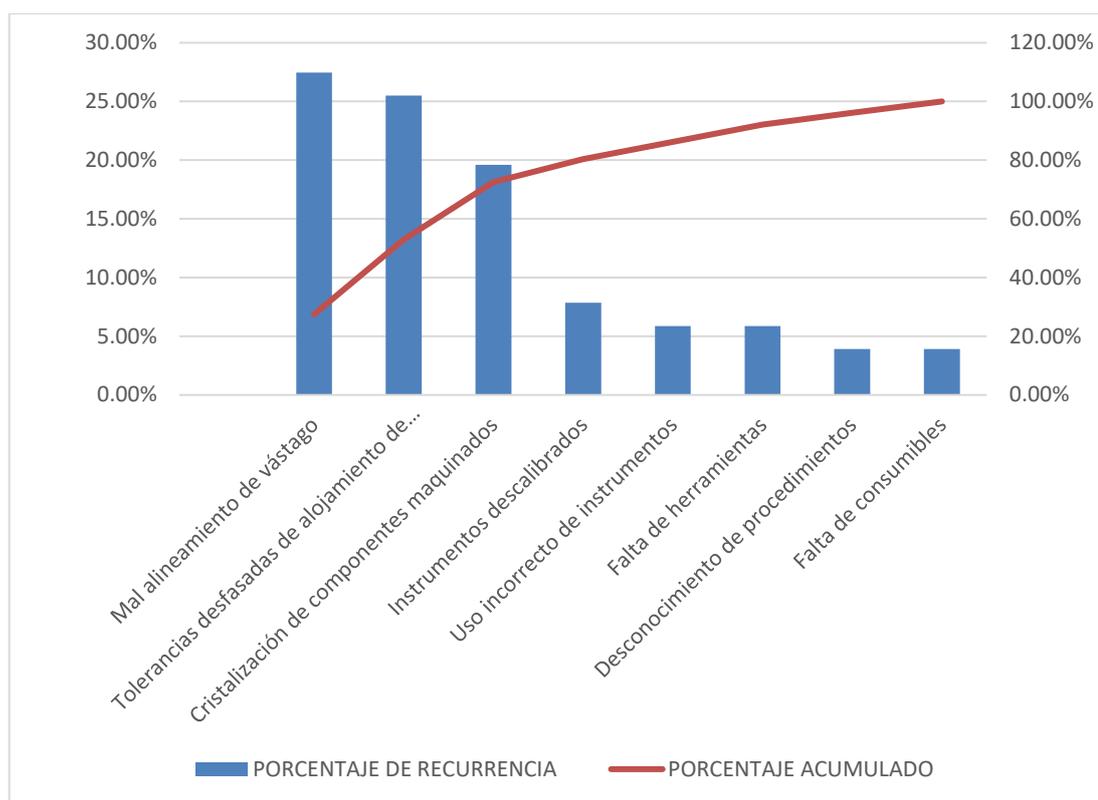


Figura 13. Principales motivos que generan demoras.

En la figura 14 podemos observar que los tres principales motivos que generan demoras en la entrega de cilindros armados son:

- Mal alineamiento del vástago
- Tolerancias desfasadas de alojamientos de horquillas
- Cristalización de componentes maquinados

Si se presentan algunas de estas tres condiciones implica que se vuelva a trabajar en la parte disconforme ya sea el vástago o cilindro, generando una clara demora.

Para poder reducir estos defectos que generan re trabajos se procedió a reunir a los trabajadores técnicos más antiguos y el Jefe de taller con el fin de reducir los problemas potenciales.

Después de haber hecho la reunión se concluye que cada problema está estrechamente relacionado con una magnitud, es decir el mal alineamiento del vástago está

relacionado con la desviación del vástago en (mm), Las tolerancias desfasadas de alojamientos de Horquillas están relacionados con el tiempo de maquinado de los alojamientos en (horas) y la cristalización de componentes maquinados está relacionado con la temperatura de proceso de relleno de componentes en (°C).

Estandarización

La estandarización supone unos de los cimientos principales del Lean Manufacturing sobre los que deben fundamentarse el resto de las técnicas, los estándares son descripciones escritas y gráficas que nos ayudan a comprender las técnicas más eficaces y fiables de una fábrica y nos proveen de los conocimientos precisos sobre personas máquinas, materiales, métodos, mediciones e información, con el objeto de hacer productos de calidad de modo fiable, seguro, barato y rápidamente por lo cual es necesario estandarizar los procesos anteriormente mencionados, para ello se recolecto datos durante el periodo de evaluación de Enero - 2018 a Octubre - 2018.

Alineamiento de vástago

Se tomaron datos de alineamiento de 3 vástagos en 10 tramos distintos.

Tabla 10.

Datos de Alineamiento de vástagos.

Año 2018	Vástago 1	Vástago 2	Vástago 3
Tramo 1	0.05	0.3	0.4
Tramo 2	0.06	0.35	0.05
Tramo 3	0.05	0.35	0.05
Tramo 4	0.1	0.15	0.3
Tramo 5	0.15	0.2	0.35
Tramo 6	0.15	0.25	0.35
Tramo 7	0.2	0.25	0.13
Tramo 8	0.25	0.15	0.25
Tramo 9	0.3	0.25	0.35
Tramo 10	0.35	0.3	0.4

En la tabla 10 se muestra los datos de alineación de tres vástagos de cilindros diferentes en milímetros tomados en 10 tramos diferentes, los valores encontrados no son uniformes el valor recomendado es de 0.10 mm ya que es con el que se trabaja en la operación de Recolsa Lima, el cual ha permitido eliminar los re trabajos por alineamientos desfasados.

Tiempo de maquinado de Alojamiento

Tabla 11.

Datos de Tiempos de Maquinados de Alojamiento.

Año 2018	Operario 1	Operario 2	Operario 3
Enero	5	7.317	6.278
Febrero	5.002	7.317	6.278
Marzo	5.603	7.32	6.278
Abril	5.603	5.893	6.285
Mayo	5.603	5.893	6.285
Junio	6.211	6.954	6.286
Julio	6.21	6.954	4.875
Agosto	5.071	7.931	6.379
Setiembre	5.071	7.831	4.479
Octubre	5.071	7.831	4.479

En la tabla 11 se muestra los tiempos de maquinados de alojamientos en horas tomados a tres operarios distintos durante el periodo de evaluación enero a octubre del 2018, los tiempos encontrados difieren mucho entre los operadores, lo mínimo recomendable es de 3.33 horas hasta 5 horas como máximo, este rango de tiempo de maquinado de alojamientos también es utilizado en Recolsa Lima y ha permitido obtener superficies maquinadas sin irregularidades en tiempos óptimos.

Temperatura de Proceso de relleno de Componentes

Tabla 12.

Datos de Temperatura de proceso de rellenado de componentes.

Año 2018	Maquina 1	Maquina 2	Maquina 3
Enero	300.75	432.24	532.18
Febrero	300.95	432.52	532.18
Marzo	350.8	504.41	404.12
Abril	350.8	504.41	404.12
Mayo	300.17	340.31	438.63
Junio	432.86	410.66	438.63
Julio	432.95	410.43	438.64
Agosto	432.95	326.91	520.24
Setiembre	400.17	328.02	520.28
Octubre	400.95	328.55	520.28

En la Tabla 12 se muestra los datos de temperatura de rellenado de Componentes en grados Celsius tomados a tres máquinas de Soldar durante el periodo de evaluación de enero a octubre del 2018, al igual que en los anteriores parámetros encontrados existen grandes diferencias y en la mayoría de casos difieren mucho de los 350 ° Celsius que se da en los procesos utilizados en la operación de Recolsa Lima, esta temperatura ha permitido que no se generen esfuerzos en las superficies rellenadas ni cristalizaciones.

Procedimientos de Estandarización

Para poder llevar a cabo la estandarización se tuvo que anexar un protocolo actualizado para la reparación de partes del cilindro de la marca Hitachi, la empresa Recolsa trabaja mediante protocolos cada vez que existe una actualización o mejora en algunos de los procedimientos.

En la tabla 13 se presenta el protocolo que se anexara en el procedimiento de reparación de cilindros hidráulicos en la cual se especifica los valores de reparación de componentes establecidos anteriormente.

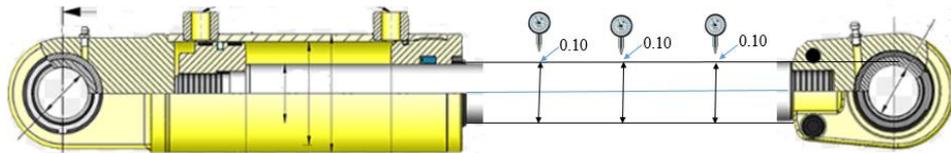
Tabla 13.

Protocolo de Reparación de Componentes de Cilindros hidráulicos.

	PROTOCOLO DE REPARACIÓN Versión 1 DE COMPONENTES DE CILINDROS HIDRÁULICOS
OBJETIVO	Realizar correctamente la reparación de los componentes de cilindros hidráulicos
ALCANCE	Para cilindros hidráulicos de doble efecto de la marca Hitachi

DESARROLLO

Alineamiento del vástago, Después de corregir las deformaciones en el vástago del cilindro la desviación de alineación máxima de **0.10 mm**.



Tiempo de maquinado de Alojamiento, el tiempo de maquinado de los alojamientos de las horquillas de vástago y cabeza de cilindro deben de tener una duración de **3.33h a 5.0h** para no tener irregularidades en la superficie maquinada.

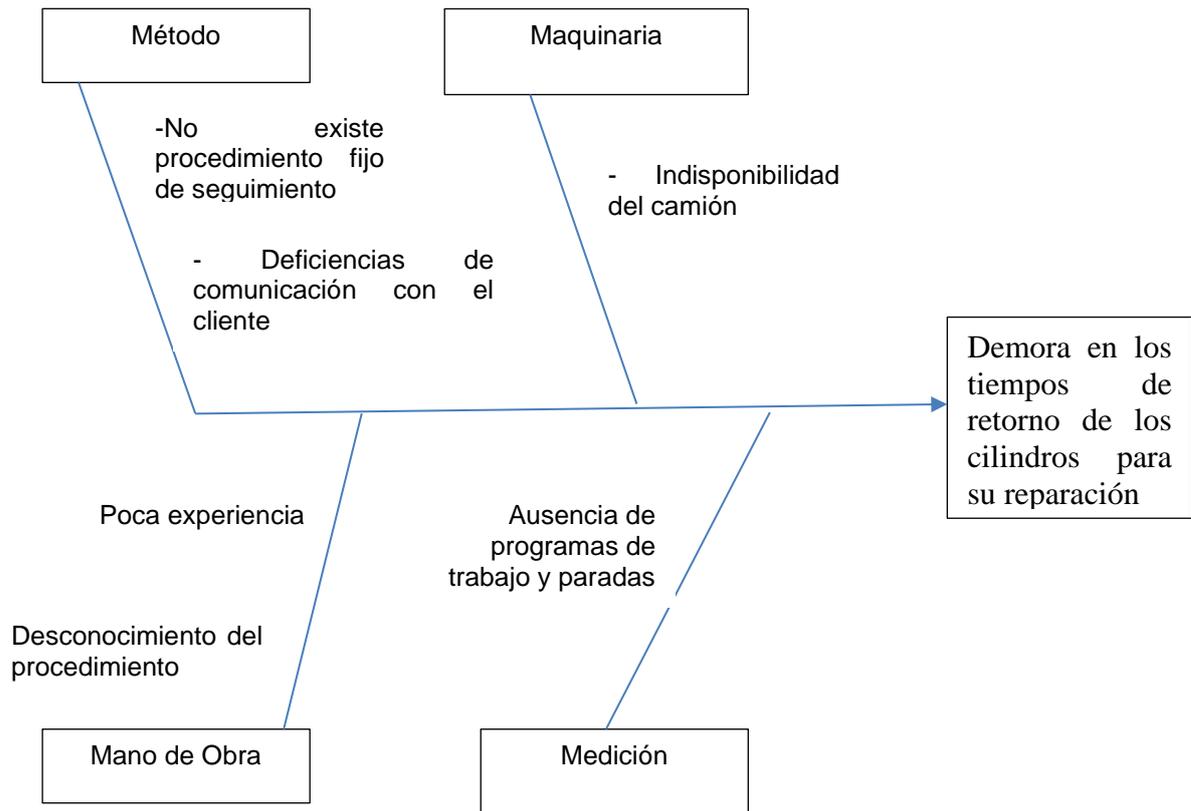


Temperatura de Proceso de rellenado de Componentes, previo a rellenar los componentes con soldadura se deberá controlar la temperatura de precalentamiento, esta debe tener un valor de **350° C**



Demora en los tiempos de retorno de los cilindros para su reparación

Para poder determinar las causas que generan la demora en los tiempos de retorno de los cilindros para su reparación se elaboró el siguiente diagrama.



Para poder determinar la causa raíz y establecer una solución adecuada se elaboró el siguiente cuadro teniendo en cuenta los siguientes criterios.

Si es un factor que lleva al problema (Factor)

Si corregiría el problema (Solución Directa)

Si puede plantear una solución Factible (Factible)

Se puede medir si la solución funciona (Medible)

Si la solución es de bajo costo (Costo).

Tabla 14.

Causa raíz de inexistencia de procedimiento y seguimiento.

CAUSAS	SOLUCIÓN	CRITERIOS					TOTAL
		Factor	Solución	Factible	Medible	Bajo costo	
No existe procedimiento de seguimiento	Establecer un procedimiento de seguimiento	3	3	3	2	3	14
Deficiencias de comunicación con el cliente	Establecer un sistema de comunicación con el cliente	2	2	3	2	3	12
Indisponibilidad del camión	Adquirir otro camión	1	1	1	2	0	5
Poca experiencia	Entrenamiento y capacitación	1	1	2	2	2	8
Desconocimiento del procedimiento	Entrenamiento y capacitación	1	1	2	2	2	8

Después de realizar el cuadro de causa raíz se encontró que la inexistencia de un procedimiento de seguimiento y la deficiencia de comunicación con el cliente son las causas principales de la demora en el retorno de los cilindros hidráulicos para su reparación, para poder solucionar este problema se utilizara la metodología Kan Ban.

Solución a la Causa

Kan ban permite un sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas, aunque pueden ser otro tipo de señales, esto nos permitirá tener un control global del proceso de reparación de cilindros hidráulicos.

Definición de flujo de trabajo en cuanto a la reparación de cilindros hidráulicos

Los cilindros hidráulicos pasan por distintos proceso y locaciones, desde su inicio de reparación, pasando por las pruebas, el envío, su estancia en mina ya sea trabajando o inoperativo, hasta el retorno al taller de Recolsa Cajamarca, entonces se establece el

siguiente flujo de Trabajo teniendo en cuenta que los cilindros reparados recorren un ciclo por lo anteriormente descrito.

Tabla 15.

Flujo de trabajo de reparación de cilindros hidráulicos.

Para Reparar	Reparación		Prueba	Terminando	En Mina	
	Reparando	Reparado			Operativos	Inoperativos

En la anterior tabla se observa que las columnas de Reparación y En Mina están subdivididas en dos partes cada una, en reparación se observa reparando que indica que está en proceso de reparación y reparado que ya se encuentra reparado, pero aún no se ha realizado la prueba, así mismo en la columna de En Mina encontramos operativos que indica que estos están instalados trabajando en la maquina o están como Stock e inoperativos indican que han sido reemplazados por alguna falla o por sus otras de trabajo cumplidas pero aún se encuentran en mina.

Límites de trabajo en curso

Se establecen límites de trabajo máximos para cada una de las locaciones en base a la duración de trabajos adicionándole un colchón de acuerdo a la realidad y contexto de la empresa.

Tabla 16.

Flujo de trabajo y límites.

Para Reparar	Reparación		Prueba	Terminando	En Mina	
	Reparando	Reparado			Operativos	Inoperativos
Max 3 días	Max 7 días	Max 1 día	Max 1 día	Max 1 días	N/A	Max 3 días

Cartillas

Cada cilindro tendrá una cartilla de seguimiento el cual se le hará mediante el número de serie ya que este no se repite siendo único por cada cilindro que hay.

DESCRIPCIÓN	Cilindro de Cucharón 2500
N° SERIE	3SN-192
N° PARTE	4402137
FECHA DE INGRESO	11-07-2018
ESTADO - Técnico Palma - 12-07-2018 Se limpia y desarma el cilindro - Técnico Palma - 13-07-2018 Se rectifica vástago.	

Figura 14. Cartilla KanBan.

En la Figura 15 se muestra la Cartilla Kanban la cual se colocaran en el tablero Kanban, en la parte del encabezado se llenara los datos generales del componente como Número de Serie, Nombre del componente, Número de Parte, y la Fecha de ingreso, en la

segunda parte se Colocara el estado en la que se encuentra el cilindro, teniendo en cuenta el nombre de la persona que está reparando el cilindro, la fecha y la tarea que se realizó.

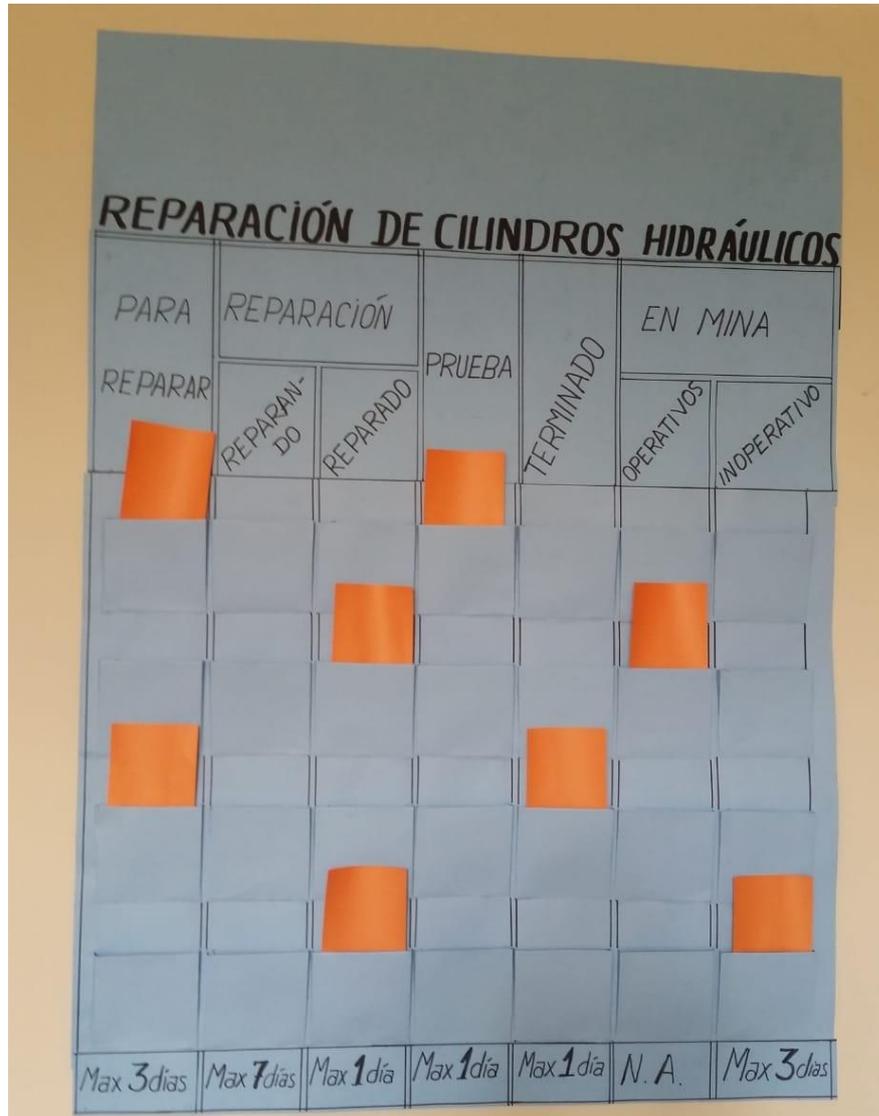


Figura 15. Tablero Kan Ban.

En la figura 16 se muestra el tablero Kan Ban con las cartillas, en cada locación contiene casilleros para colocar las cartillas según el estado de reparación de los componentes.

Todas las columnas se pueden controlar con excepción de la columna en mina ya que en la sub columna de operativos no sabemos cuándo fallarán los cilindros y qué cantidad de cilindros estarán operativos e inoperativos.

Para solucionar este último punto tendrá que haber una intercomunicación con el área de mantenimiento Mina específicamente con el Planificador y Expedator, ellos son los encargados de realizar el seguimiento de los componentes, mediante la hoja de cambio de componentes HCC que son enviadas por los supervisores que realizaron el trabajo de cambio de componente en campo.

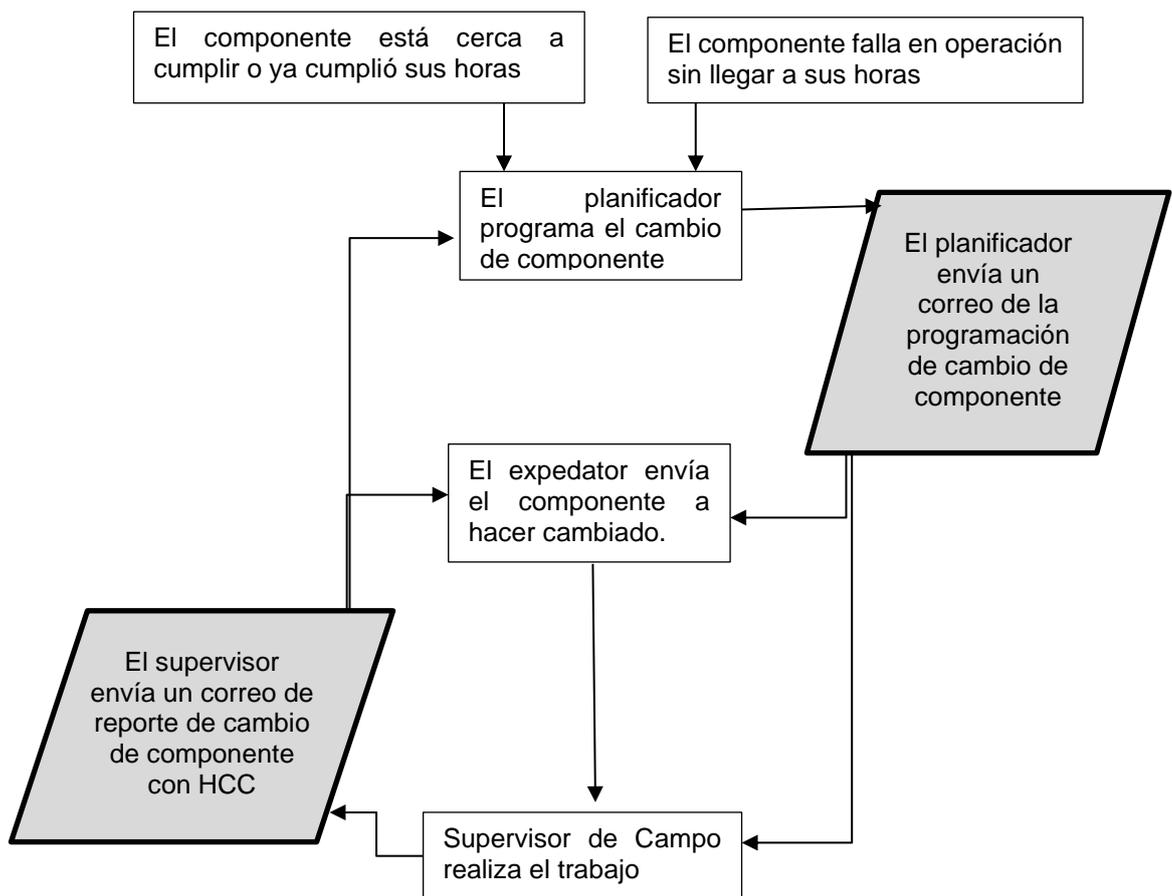


Figura 16. Flujo de información de cambio de componente en Mantenimiento Mina.

Entonces el supervisor de campo de Mantenimiento Mina adicionará o copiará el correo de reporte de cambio de componente al supervisor de taller de Recolsa Cajamarca, de esta manera el podrá actualizar su cuadro de Kanban de seguimiento, además de ver cuándo puede recoger el cilindro para su reparación este contará con la HCC en la cual se describe el motivo por el cual se está reemplazando el cilindro, siendo esta información muy útil para la reparación del componente.

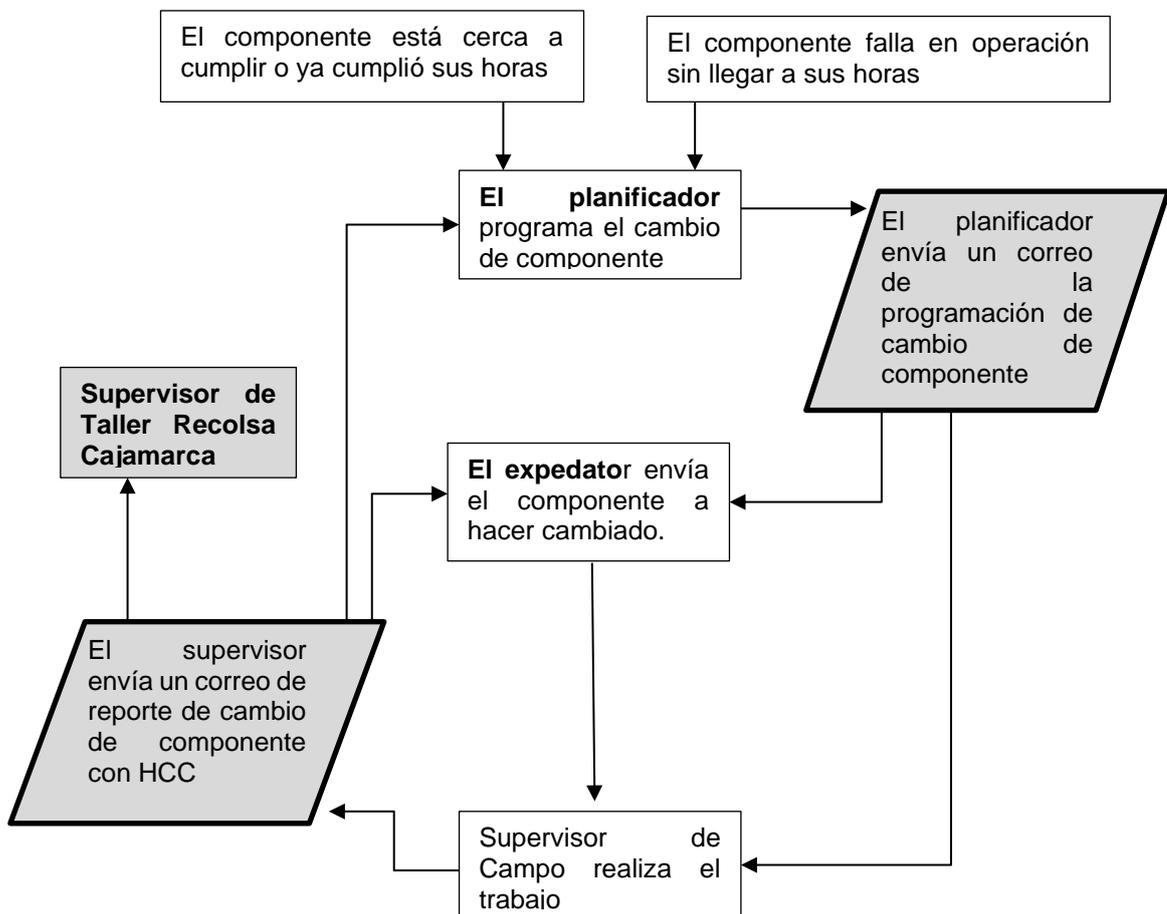
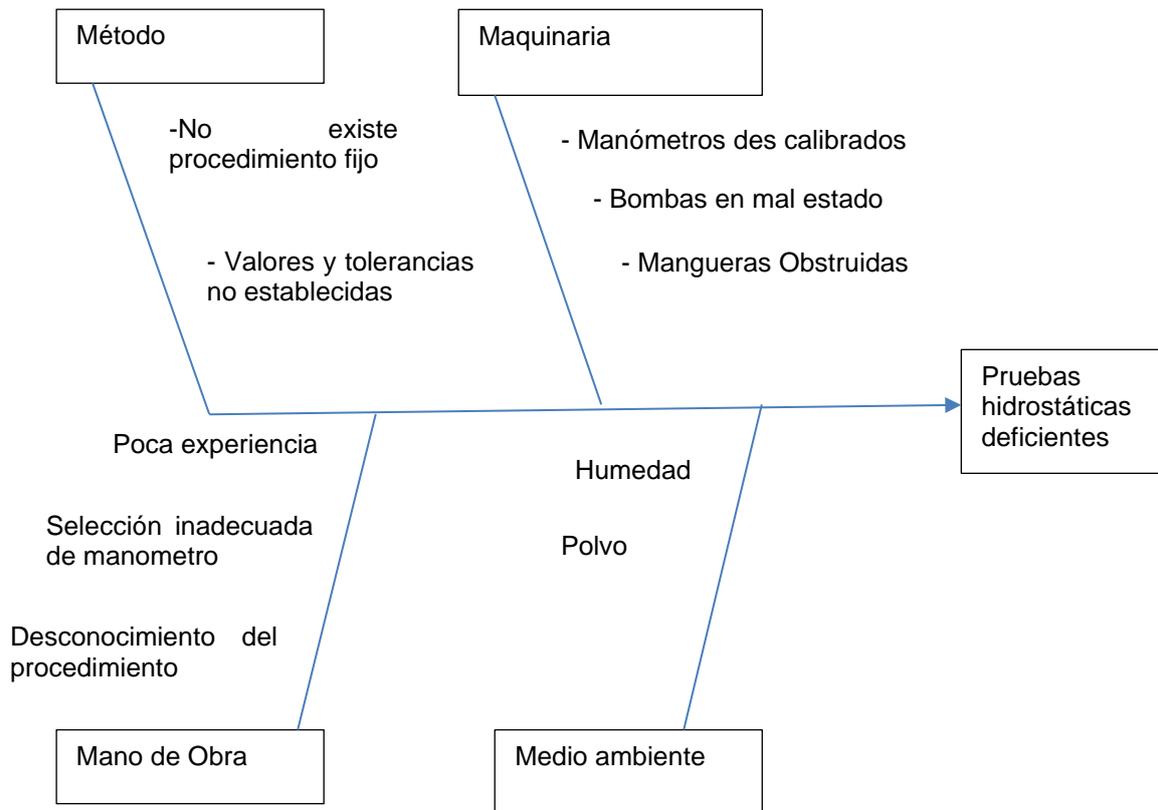


Figura 17. Flujo de información Modificado de cambio de componente en Mantenimiento Mina.

El encargado de actualizar y hacer el seguimiento es el supervisor de Taller de Recolsa, esto lo realizara mediante el número de serie de cada cilindro.

Re trabajos por pruebas hidrostáticas deficientes

En la empresa RECOLSA CAJAMARCA en la reparación de cilindros hidráulicos las pruebas hidrostáticas vendrían a ser la actividad primordial para el control de calidad de los cilindros reparados, para poder determinar las causas de re trabajos, es decir cambio de sellos de embolo se realiza el siguiente diagrama.



Para poder determinar la causa raíz y establecer una solución adecuada se elaboró el siguiente cuadro teniendo en cuenta los siguientes criterios.

Si es un factor que lleva al problema (Factor)

Si ocasiona directamente el problema (Causa Directa)

Si corregiría el problema (Solución Directa)

Si puede plantear una solución Factible (Factible)

Se puede medir si la solución funciona (Medible)

Si la solución es de bajo costo (Costo).

Tabla 17.

Causa raíz de trabajos.

CAUSAS	SOLUCIÓN	CRITERIOS					TOTAL
		Factor	Solución	Factible	Medible	Bajo costo	
No existe procedimiento fijo	Establecer un procedimiento	2	1	3	2	3	11
Valores y tolerancias no establecidas	Fijar tolerancias	2	1	3	2	3	11
Manómetros descalibrados	Cambio frecuente de manómetros	1	1	2	2	2	8
Bombas en mal estado	Cambiar bombas frecuentemente	1	1	1	2	1	6
Mangueras obstruidas	Cambio frecuente de mangueras	1	1	2	1	2	7
Humedad	Aislar el área de pruebas	1	1	2	1	1	6
Polvo	Aislar el área de pruebas	1	1	2	1	1	6
Poca Experiencia	Entrenamiento y Capacitación	2	2	2	2	1	9
Selección inadecuada de manómetro	Establecer mejora cero errores	3	3	3	3	2	14
Desconocimiento del procedimiento	Capacitación	2	2	2	2	1	9

Después de realizar la tabla de Causa Raíz de retrabajos por las pruebas hidrostáticas deficientes se encontró que la selección inadecuada de manómetros es la principal causa, al seleccionar el manómetro inadecuado ocasiona que se realice una prueba incorrecta a una menor o en el peor de los casos mayor presión malogrando los sellos del embolo del cilindro teniéndose que desarmar para cambiar los sellos.

Para realizar las pruebas hidrostáticas tenemos 3 tipos de manómetros que son de Alta, Media y Baja Presión, estos son de un mismo tipo de conector.

En el diagrama se muestra gráficamente como se realiza la prueba hidrostática de un cilindro hidráulico de doble efecto.

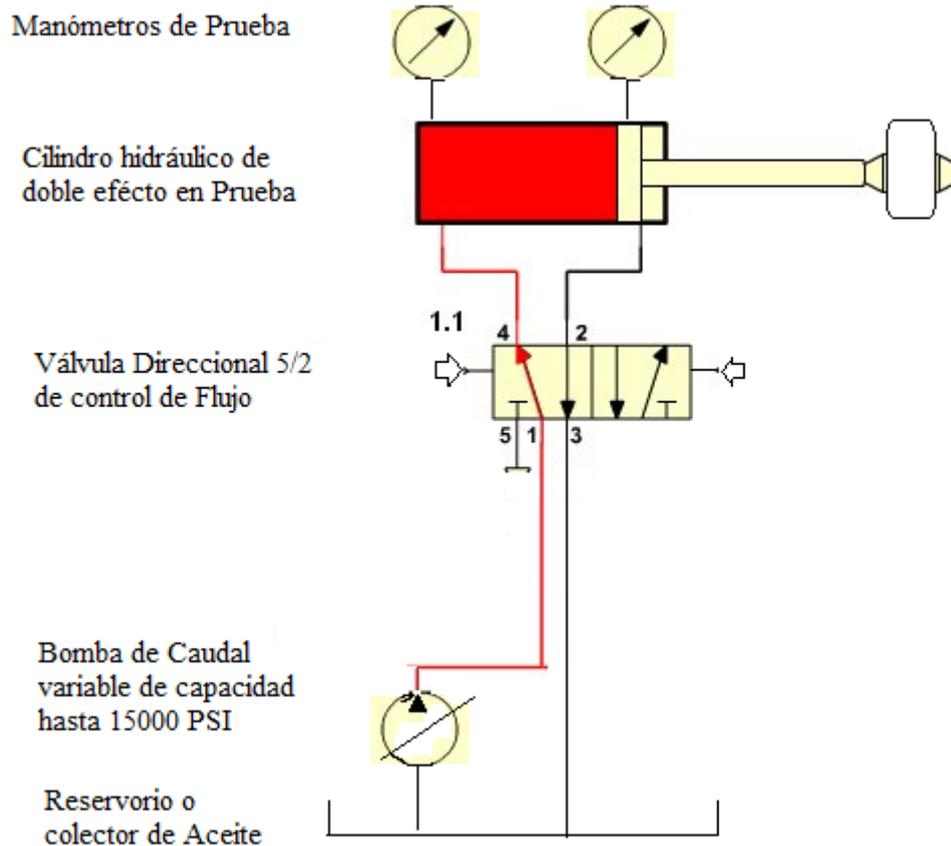


Figura 18. Diagrama de Prueba hidrostática de un cilindro hidráulico.

Implementación de Poka Yoke en la prueba hidrostática del cilindro.

Para poder eliminar los errores en cuanto a la selección de los manómetros de prueba se realizarán cambios en algunos de los elementos del sistema de pruebas hidrostáticas.

Conectores (tomas rápidas), se utilizarán 3 tipos de conectores rápidos que cada uno corresponderá a un tipo de manómetro.

Conector rápido tipo A, acople hidráulico tipo cara plana por 1/4", este conector se utilizará e ira instalado en el manómetro del tipo A de alta presión.



Figura 19. Conector tipo A.

Conector rápido tipo B, acople hidráulico tipo bola por 1/8", este conector se utilizará e ira instalado en el manómetro del tipo B de media presión.



Figura 20. Conector tipo B.

Conector rápido tipo C, acople hidráulico tipo aguja por 1/8", este conector se utilizará e ira instalado en el manómetro del tipo C de baja presión.



Figura 21. Conector tipo C.

Estos tres tipos de conectores hidráulicos rápidos no son compatibles haciéndose imposible que el personal que realice las pruebas cometa el error de seleccionar un manómetro.

Mangueras, se emplearán mangueras de tres colores rojo para líneas de Alta, anaranjado para las de Media presión y amarillas para las de Baja presión.

Manómetros, se estandarizarán los manómetros a una misma unidad de medida ya que se han estado empleando manómetros con distinto tipo de unidad bar, PSI y pascales, la unidad que se emplearan son PSI teniéndose el manómetro de Alta hasta una presión máxima de 6000 psi, el de media una presión máxima de 3000 psi y el de baja una presión máxima de 1000 psi.

Tabla 18.

Elementos de pruebas hidrostáticas.

Tipo de Manómetro	Presión Máxima (PSI)	Presión de Prueba (PSI)	Conector	Color de manguera que usa
TIPO A	6000	4600	Conector tipo A (acople hidráulico tipo cara plana por 1/4")	Rojo
TIPO B	3000	2100	Conector tipo B (acople hidráulico tipo bola por 1/8")	Anaranjado

TIPO C	1000	660	Conector tipo C (acople hidráulico tipo aguja por 1/8")	Amarillo
--------	------	-----	---	----------

Implementación de protocolo en el Procedimiento

En el procedimiento de reparación de cilindros solo se tenía una breve descripción de las pruebas hidrostáticas se tuvo que anexar un segundo protocolo para pruebas hidrostáticas.

En la tabla 19 se muestra el protocolo que se anexa al procedimiento de reparación de cilindros hidráulicos para las pruebas hidrostáticas, en él se especifica los valores de presiones máximas, así como los elementos que se emplean durante la prueba.

Tabla 19.

Protocolo de Pruebas Hidrostáticas

	PROTOCOLO DE PRUEBAS HIDROSTÁTICAS DE CILINDROS HIDRÁULICOS	Versión 1
	OBJETIVO Realizar correctamente la prueba hidrostática de los cilindros hidráulicos.	ALCANCE Para cilindros hidráulicos de doble efecto.

DESARROLLO

Identificación del cilindro a probar, Identificar a cuál de los tres tipos de cilindro pertenece y la presión de prueba que le corresponde.

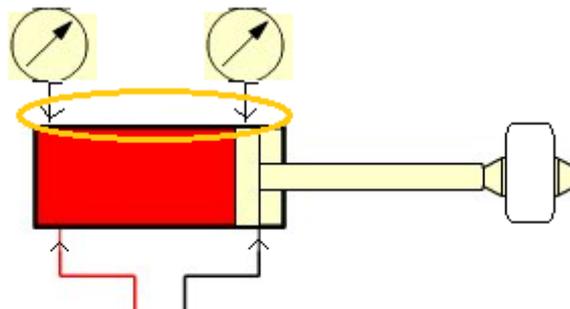
Cilindro de Alta presión: Presión de prueba 4600 PSI
 Cilindro de Media presión: Presión de prueba 2100 PSI
 Cilindro de Baja presión: Presión de prueba 660 PSI

Selección de instrumentos, después de haber identificado el tipo cilindro se deberá elegir los elementos para realizar la prueba, es decir tipo de conector, manguera y manómetros.

Tipo de Manómetro	Presión Máxima (PSI)	Presión de Prueba (PSI)	Conector	Color de manguera que usa
TIPO A	6000	4600	Conector tipo A (acople hidráulico tipo cara plana por 1/4")	Rojo
TIPO B	3000	2100	Conector tipo B (acople hidráulico tipo bola por 1/8")	Anaranjado
TIPO C	1000	660	Conector tipo C (acople hidráulico tipo aguja por 1/8")	Amarillo

Instalación y prueba

Después de haber escogido los elementos, solo se podrá conectar los manómetros con las mangueras y conectores correspondientes.



Se verificarán las presiones tanto con el vástago extendido como con el vástago retraído, corroborando la estanqueidad en ambos casos, teniendo en cuenta la presión máxima según el tipo de cilindro.

Diagrama VSM Futuro

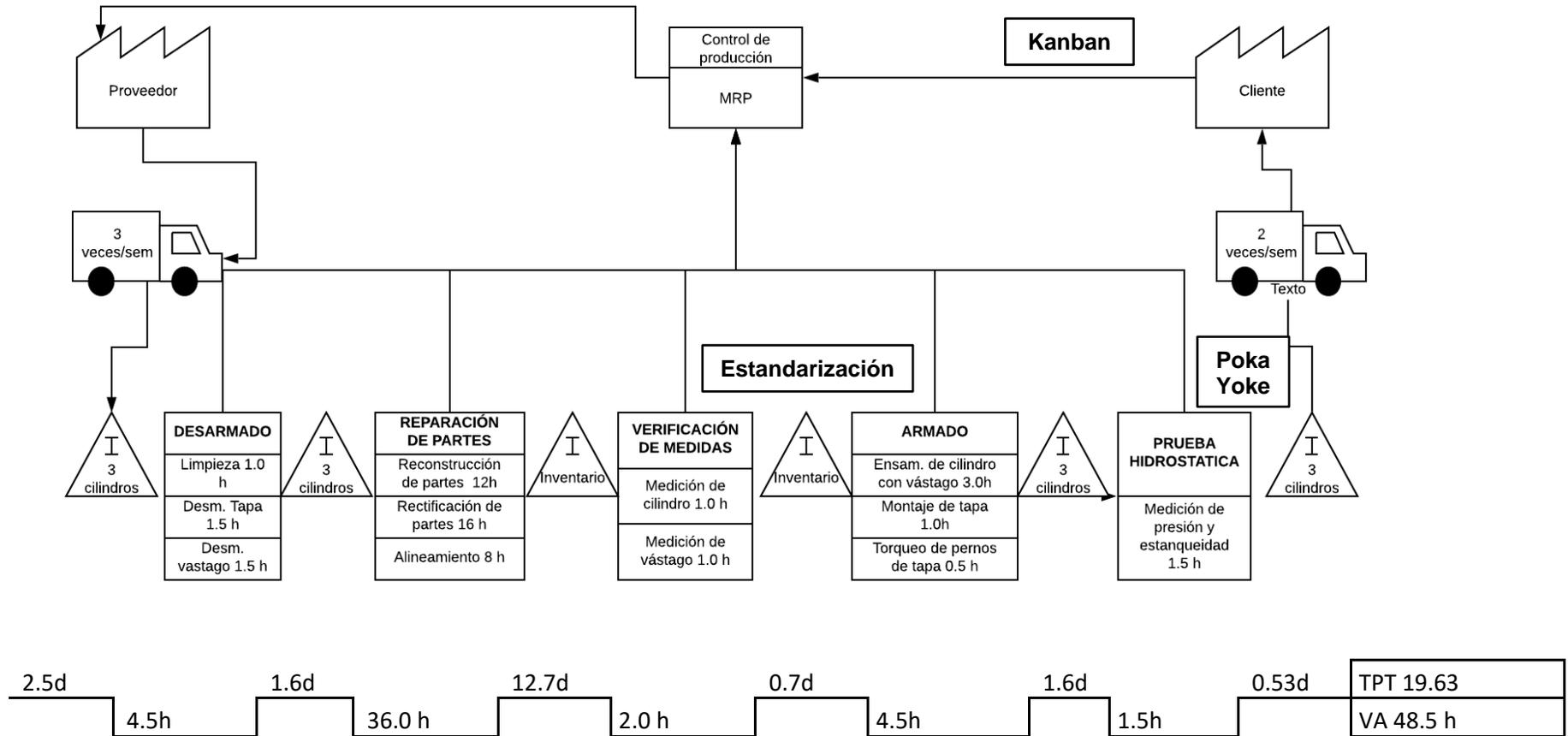


Figura 25 VSM Futuro después de la implementación de las herramientas Lean

3.4. Analizar el efecto de la aplicación de herramientas lean en el nivel de servicio.

Análisis Técnico

De los datos obtenidos anteriormente durante el periodo de evaluación se tiene la tabla 18 en donde se muestra los problemas y su impacto en el nivel de servicio.

Tabla 20.

Problemas y su impacto en el nivel de servicio

Problema	Incidencia	Tiempo Perdido	Total de desperdicio en tiempo
Demora en los tiempos de entrega de cilindros armados	6	40 horas	240 horas
Demora en los tiempos de retorno de los cilindros para su reparación	9	5 horas	45 horas
Re trabajos por pruebas hidrostáticas deficientes	10	20 horas	200 horas
Total de tiempo Perdido			485 horas

La implementación de las herramientas Lean elimina estos desperdicios de tiempo convirtiéndose en una oportunidad de realizar mayores reparaciones, si sabemos que la reparación de un cilindro tiene una duración de 48.5 horas entonces se repararan 10 cilindros más en un mismo Periodo de 10 meses.

Sabemos que la meta es de 2 cilindros a cierre de cada mes y teniendo en cuenta la tabla 19 del promedio de nivel de servicio de los cilindros reparados durante el Periodo de evaluación.

Tabla 21.

Promedio de Nivel de Servicio

Tipo de Cilindro	Promedio de Nivel de servicio
Cilindro de cucharón 2500	13.33%
Cilindro de descarga 5500	30.00%
Cilindro templador 2500	33.33%
Cilindro templador 5500	36.67%
Promedio Global	28.33%

Se calculará en cuanto incrementará el nivel de servicio después de la implementación del Proyecto teniendo en cuenta que existe un total de 32 cilindros en circulación para ser reparados, cada cilindro reparado incrementará en 3.125 % en el nivel de servicio, es decir:

$$3.125\% * 10 \text{ cilindros} = 31.25\%$$

Entonces

$$28.33\% + 31.25\% = 59.58\%$$

Se incrementaría en un 59.58 % en el nivel de servicio, acercándonos a la meta requerida.

Análisis Económico

Al ser un proyecto de mejoras del proceso y que implica una inversión en la tabla 20 se muestra los elementos que involucra la implementación de las herramientas Lean, es decir los recursos humanos y activos requeridos.

Tabla 22.

Inversión para la implementación de las herramientas Lean Manufacturing

Implementación de Lean Manufacturing			
Recursos Humanos	Cantidad	Costo (\$)	Total (\$)
Charlas de inducción (semanales)	10	100.00	1000.00
Capacitación externa del Personal	8	200.00	1600.00
Evaluaciones	6	400.00	2400.00
Total de recursos Humanos			5000.00
Activos para la mejora			
Pirometro digital	1	150.00	150.00
Kit de manómetros	3	210.00	630.00
Kit de conectores	3	70.00	210.00
Kit de mangueras	3	150.00	450.00
Tablero Kanban	1	100.00	100.00
Total de activos para la mejora			1540.00
Total invertido en la mejora (\$)			6540.00

Entonces la inversión para la implementación de las herramientas Lean será de 6540.00 dólares, para el diseño del flujo de caja mostrado en la tabla se proyectó las cantidades de cilindros a reparar, así como los reprocesos a realizar.

Tabla 23.

Flujo de Caja

Flujo de Caja	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
Demanda	1	1	1	1	1	1
Reprocesamientos	1	0	1	0	1	0
Precio de Reparación	7850	7850	7850	7850	7850	7850
Ingresos	7850	7850	7850	7850	7850	7850
Costos Fijos						
Transporte	250	250	250	250	250	250
Costos administrativos en comunicaciones	100	100	100	100	100	100
Total de Costos Fijos	350	350	350	350	350	350
Costos Variables						
Costo de la reparación	4750	4750	4750	4750	4750	4750
Costo de reparación total	4750	4750	4750	4750	4750	4750
Reprocesos	4750	0	4750	0	4750	0
Inversión en la mejora	6540					
Total de costos variables	16040	0	4750	0	4750	0
Total Mensual	-8540	7500	2750	7500	2750	7500
Flujo Económico	-8540	-1040	1710	9210	11960	19460

VAN = \$ 18,639.67

TIR = 46%

Calculo del WACC

Sabemos que la Inversión Inicial es de \$ 6540.00 y que la empresa cuenta con la el capital para invertir, se realiza el siguiente calculo estimando una rentabilidad del 30 % a recibir del Capital.

$$WACC = R * \frac{FP}{FP+DF} * (1 - t_c) + K_d * \frac{FP}{FP+DF}$$

Donde:

R: Rentabilidad Requerida

FP: Fondo Propio

DF: Deuda Financiera

t_c : Tasa de impuesto a la renta

K_d : Tasa de deuda financiera

$$WACC = 0.3 * \frac{6540}{6540+0} * (1 - 0.3) + 0.6 * \frac{0}{0+6540}$$

$$WACC = 0.21$$

$$WACC = 21.0\%$$

Por lo tanto, el porcentaje indica un valor menor a la Tasa Interna de Retorno, así que la mejora de implementación de las herramientas Lean se deben de aplicar.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Dentro de las herramientas de Lean Manufacturing no contamos con una que nos haya permitido diagnosticar el nivel de servicio de la empresa, con respecto a la reparación de cilindros hidráulicos, pero las herramientas Lean Manufacturan nos permiten resolver los problemas que disminuyen el nivel de servicio de una empresa, esto lo puede sustentar (Cruz & Quea 2018) cuando manifiesta que las empresas consideran la metodología lean manufacturing debido a sus herramientas y técnicas, como una buena práctica para responder a las demandas actuales del mercado, entregando productos que satisfacen totalmente a sus clientes y consumidores.

Identificar los 7 tipos de desperdicios en la empresa nos permitió identificar los puntos que no generan valor a empresa, en consecuencia, los problemas que disminuyen el nivel de servicio, que es lo mismo que nos sugiere (Villaseñor, A., & Galindo, E.,2007) cuando manifiesta que el desperdicio o muda, es todo aquello que no agrega valor y por lo cual el cliente no está dispuesto a pagar, pero para poder cuantificar los desperdicios y que se puedan sumar homogéneamente se tuvo que expresar en función de tiempo.

A partir de los hallazgos encontrados se seleccionaron y aplicaron las herramientas como VSM, Pareto, Ishikawa, estandarización, Kan Ban y Poka Yoke, estas herramientas se adecuaron y nos permitieron resolver los problemas encontrados, en el libro de Lean manufacturing conceptos, técnicas e implantación (Hernández, J. y Vizán, A., 2013) hace mención de estas técnicas Lean pueden implantarse de forma independiente o conjunta, atendiendo a las características específicas de cada caso,

es por ello que de todas las herramientas existentes se aplicaron las anteriormente mencionadas.

La disminución y eliminación de los desperdicios se ve reflejado en el incremento del nivel de servicio, teniéndose como finalidad principal guarda relación con lo que sostiene (Rojas & Gisbert, 2017) cuando manifiesta que para la implementación del lean manufacturing es importante tener claro cuáles serán los factores de éxitos, (Navarro, R., 2017) logró un incremento de 30.7 % en la productividad en el área de fabricación de perfiles de la empresa IMECON S.A, ello es acorde con lo que en este estudio se halla.

4.2 Conclusiones

Se determinó la influencia del nivel de servicio de la empresa con respecto a la reparación de cilindros hidráulicos en donde se evidenció el incumplimiento de la meta afectando la disponibilidad operativa de los equipos, teniéndose al cilindro de cucharón como el que posee el menor índice de cumplimiento.

Se diagnosticó los puntos que no generan valor durante el proceso de reparación, control de calidad y retorno de cilindros; en donde existen desperdicios considerables que extienden el tiempo de reparación de los cilindros.

El uso de las herramientas Lean nos permiten resolver adecuadamente los problemas identificados, esto implica una actualización de procedimientos como son los de armado de cilindros y pruebas hidrostáticas de calidad.

Al aplicar las mejoras con las herramientas de Lean Manufacturing se disminuye y eliminan los re trabajos por componentes mal reparados ya que se cuentan con estándares de reparación que disminuyen el error, se tendrá un adecuado seguimiento de los cilindros en reparación y reparados traduciéndose en una proyección exacta de cilindros a reparar de esta manera se mejorará la planificación de recursos.

El factor humano representa un gran porcentaje de desperdicio, mediante el procedimiento obtenido a partir de la técnica poka yoke se eliminarán las pruebas de calidad defectuosas.

Se logró incrementar de 28.33% a 59.58 % en el nivel de servicio de la reparación de cilindros hidráulicos.

La implementación de las herramientas Lean es favorable económicamente ya que el VAN y TIR son \$ 18,639.67 y 46% respectivamente además que el WACC muestra que es necesario un mínimo de 21% el cuál es superado ampliamente.

REFERENCIAS

- Baena, C., Entrambasaguas, G., Guilloto, F., Gutierrez, L., & Trujillo, M. (2010). *Guía Lean*. Sevilla: Instituto Andaluz de Tecnología.
- Nuñez, A., Guitart, L., & Baraza, X. (2014). *Dirección de Operaciones, Decisiones tácticas y estratégicas*. Barcelona: Editorial UOC.
- Rojas, A., & Gisbert, V. (2017). *LEAN MANUFACTURING: HERRAMIENTAS PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LAS EMPRESAS*. Lima: 3C Empresa.
- Sánchez, R. T. (2014). Metodo por Prioridades. En R. T. Sánchez, *Técnicas de identificación y resolución de problemas*. Valencia.
- Vargas, J., Muratalla, G., & Jiménez, M. (2009). Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de sus sistema de producción? *Actualidad y nuevas Tendencias*, 153-174.
- Gomez, P. (2010). *Lean Manufacturing: Flexibilidad, agilidad y productividad*. Gestión y Sociedad, 75-88.
- Hernández, J. y Vizán, A. (2013). *Lean manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Fundación EOI.
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: McGRAW-HILL/Interamericana Editores.
- O'Brien, M. (2015). *TPM and OEE*. Limerick, Irlanda.
- Rajadell, M., & Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing, la evidencia de una necesidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Suzuki, T. (1995). *TPM en Industrias de Proceso*. Madrid, Tokutaro.
- Vilana, J. R. (2010). *Fundamentos del Lean Manufacturing. Dirección de Operaciones*.
- Villaseñor, A., & Galindo, E. (2007). *Manual de Lean Manufacturing Guía Básica*. México: Limusa S.A.

ANEXOS

ANEXO n.º 1. Validación de Ficha documental

FORMATO DE VALIDEZ BASADA EN EL CONTENIDO: GUIA DE ENTREVISTA

Estimado(a) experto(a):

Reciba mis más cordiales saludos, el motivo de este documento es informarle que estoy realizando la validez basada en el contenido de un instrumento destinado a medir el nivel de servicio de la Empresa Recolsa con respecto a la reparación de cilindros hidráulicos. En ese sentido, solicito pueda evaluar los 17 ítems en dos criterios: Coherencia y claridad. Su sinceridad y participación voluntaria me permitirá identificar posibles fallas en la escala.

Antes es necesario completar algunos datos generales:

I. Datos Generales

Nombre y Apellido:	Nathenne del Pilar Arana Arana		
Grado académico:	Bachiller	Magister	Doctor
Área de Formación académica	SSO, Proyectos, SIG		
Áreas de experiencia profesional	8 años		
Tiempo de experiencia profesional en el área	2 a 4 años	5 a 10 años	10 años a mas

II. Criterios de Calificación

a. Coherencia

El grado en que el ítem guarda relación con la dimensión que está midiendo. Su calificación varía de 0 a 3: El ítem "No es coherente para evaluar" (puntaje 0), "poco coherente para evaluar" (puntaje 1), "coherente para evaluar" (puntaje 2) y es "totalmente coherente para evaluar" (puntaje 3).

<i>Nada coherente</i>	<i>Poco coherente</i>	<i>Coherente</i>	<i>Totalmente coherente</i>
0	1	2	3

b. Claridad

El grado en que el ítem es entendible, claro y comprensible en una escala que varía de "Nada Claro" (0 punto), "medianamente claro" (puntaje 1), "claro" (puntaje 2), "totalmente claro" (puntaje 3)

<i>Nada claro</i>	<i>Poco claro</i>	<i>Claro</i>	<i>Totalmente claro</i>
0	1	2	3

Nº	ÍTEMS Ponderación Ítems	Citas bibliográficas	Coherente			Claridad			Sugerencias	
			0	1	2	3	0	1		2
1	¿Qué componente repara la empresa?	Basado en López, V. E. (2006); Revisión Documental en el Proceso de Investigación								
2	¿Qué marca de componente usan con más frecuencia?									
3	¿Qué repuestos emplea este componente y de dónde lo consiguen?									
4	¿Cuál es el costo de los repuestos?									
5	¿Cuál es el periodo de Trabajo del componente?									
6	¿Con un historial del Nivel de servicio?									
7	¿Cuáles son metas mensuales de reparación que tienen que cumplir?									
8	¿Cuáles son los tiempos de reparación a cumplir?									
9	¿Cuáles son los modos de Falla más frecuentes del componente?									
10	¿Cuántos cilindros son reparados por Mes?									
11	¿Cuáles son sus tiempos de espera más elevados?									
12	¿Han sufrido demoras por transporte? ¿Cuánto tiempo ha durado el más prolongado?									
13	¿Cuál es la secuencia de los procesamientos para reparación?									
14	¿Mancian un nivel de inventario?									
15	¿En cuántas ocasiones han tenido defectos en la Reparación?									
16	¿Cuál es el recorrido del componente entre las locaciones?									
17	¿Cuántas ocasiones han tenido fallas por el Factor humano?									

Las alternativas de respuesta van de 0 al 3 y tienen las siguientes expresiones:

0 1 2 3
Muy en desacuerdo Desacuerdo De acuerdo Muy de acuerdo



Firma y Sello

ANEXO n ° 2 Stock de cilindros a fin de mes

Tabla 24.

Cantidad de cilindros y Stock

Mes	Cilindros de cucharón no instalados en circulación	Stock	Cilindros de descarga no instalados en circulación	Stock	Cilindros Temp. 2500 no instalados en circulación	Stock	Cilindros Temp. 5500 no instalados en circulación	Stock
Enero	5	1	5	1	5	1	5	1
Febrero	6	2	5	1	5	2	6	0
Marzo	6	0	5	1	5	0	6	0
Abril	6	0	5	0	5	1	6	1
Mayo	6	0	5	2	5	0	6	1
Junio	6	0	5	0	5	0	6	1
Julio	5	-1	5	1	5	1	5	1
Agosto	6	-1	5	1	5	1	6	2
Setiembre	6	2	5	2	5	2	6	2
Octubre	6	1	5	1	5	1	6	2

ANEXO n.º 3. Precio de componentes de Cilindros

Tabla 25.

Precio de componentes

Item	Part No	Part Name	Qty.	PRECIO (\$)	PRECIO DE REPARACIÓN (\$)
	4402137	CYL.; BUCKET	1	28350	
1	706901	. TUBE; CYL. ASS'Y	1	17908.73	
1A	717901	.. TUBE; CYL.	1	12002.33	
1B	257521	.. BRG.; SPH. ROL.	1	1500.35	1500.35
1C	4094941	.. RING; RETAINING	1	\$ 46.96	
2	706902	. ROD; PISTON ASS'Y	1	\$ 14006.32	
2B	4392649	.. BUSHING; PIN	1	1455.33	1455.33
2C	400406	.. RING; WIPER	2	154.5	309
3	717903	. HEAD; CYL.	1	\$ 3284.34	
4	4392642	. BUSHING	1	\$ 127.03	127.04
5	161002	. RING; RETAINING	1	\$ 11.42	11.43
6	336605	. RING; SEAL	1	89.55	89.55
7	257507	. PACKING; U-RING	1	102.33	102.33
8	257527	. RING; BACK-UP	1	146.22	146.22
9	706903	. RING; SLIDE	1	79.22	79.22
10	257509	. RING; WIPER	1	105.66	105.66
11	717904	. O-RING	1	15.35	15.35
12	717905	. RING; BACK-UP	1	256.47	256.48
14	4394169	. BRG.; CUSHION	1	699.3	699.3
15	706906	. PISTON	1	3200.5	
16	400210	. RING; SEAL ASS'Y	1	455.6	455.6
28	317224	. O-RING	1	4.55	4.55
33	4123444	. O-RING	2	5.33	10.66
37	336419	. O-RING	1	3.22	3.22
49	J75481	. FITTING; GREASE	1	4.52	4.52
100	4407494	KIT; SEAL	1	1011.55	
		TOTAL			5119.33

ANEXO n.º 4. Partes de Cilindro

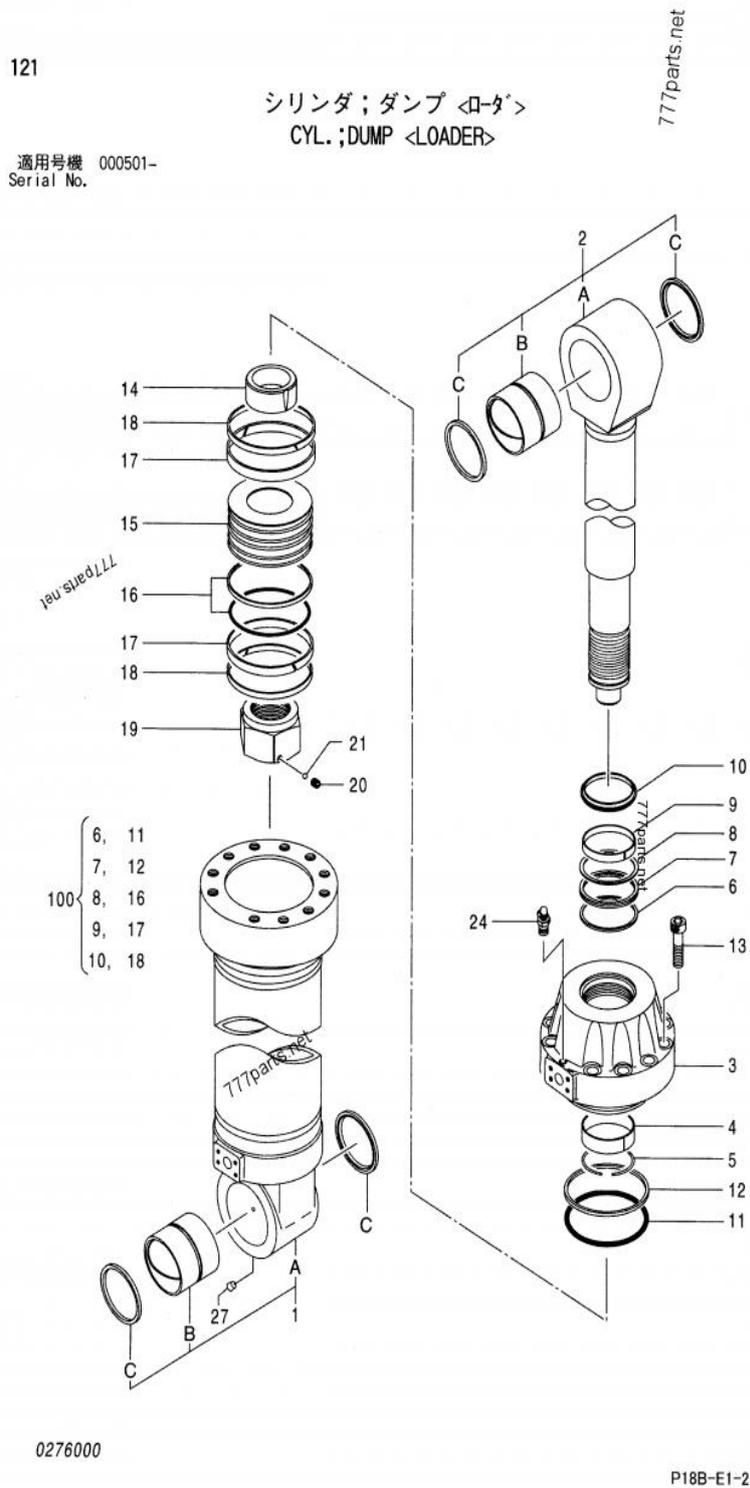


Figura 26 cilindro desarmado

ANEXO n.º 5. Protocolo de Pruebas del Taller

Tabla 26.

Protocolos de reparación y Pruebas de Recolsa

	Presión (PSI)	Tiempo (Min/se g)	Observación	Eq. cod	Firma
Cámara del Embolo Prueba Hidráulica Estática Picos de presión					
Cámara del Vástago Prueba Hidráulica Estática Picos de presión					
Prueba Hidráulica Dinámica					
Presión de trabajo del cilindro hidráulico			Indicación del cliente Catálogo Diagrama presión tubos		
<hr/>					
Montaje y pruebas realizado por :					
Nombres y apellidos			Firma		
<hr/>					

ANEXO n.º 6 Plano de Taller de Recolsa

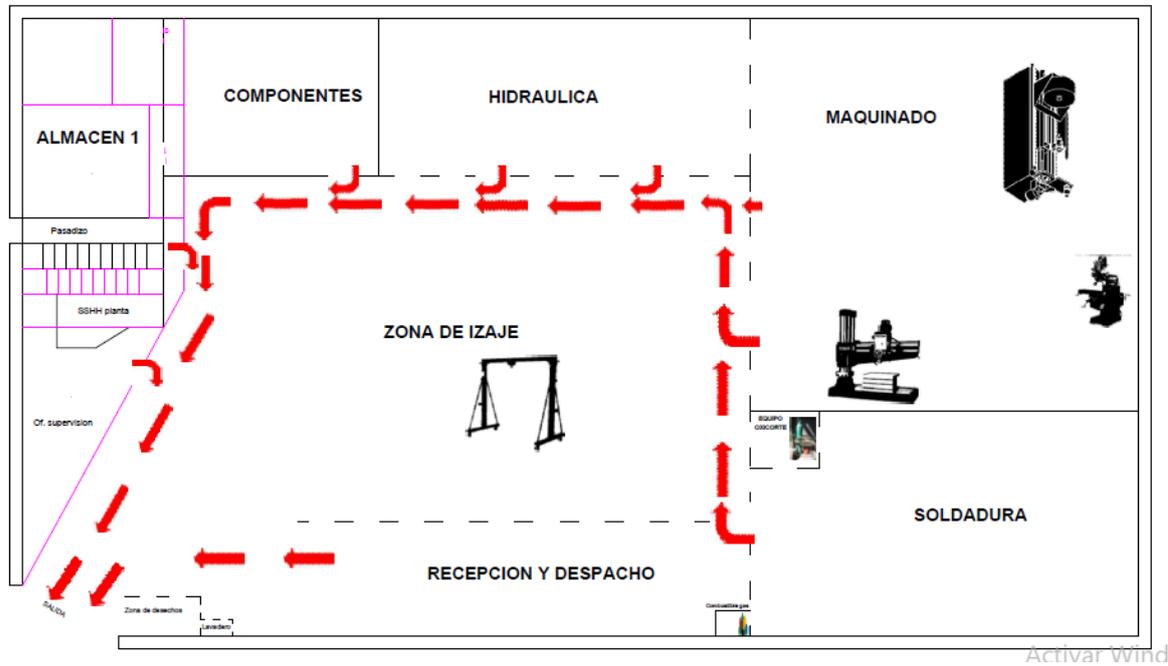


Figura 27 Taller de Reparación Recolsa Cajamarca